

JACOB MIGUEL BILA

**CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIOS COM BASE EM FATORES EDÁFICOS
PARA *Pinus caribaea* var. *hondurensis* NA REGIÃO DE PRATA,
MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de “Mestre em Ciências Florestais”.

Orientador:

Profº. Drº. Carlos Roberto Sanquetta

Co-orientador:

Profº. Drº. Sebastião do Amaral Machado

CURITIBA
2010

DEDICATÓRIA

À minha amável esposa Megui Alzira Sitole Chipa,
ao meu filho querido Herson Miguel Jacob Bila,
à minha mãe Teresinha José Quive
e ao meu pai Miguel Bila (*In memoriam*).
Dedico

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Carlos Roberto Sanquetta, pela dedicação, interesse e sempre pronta disponibilidade na orientação deste trabalho.

Ao Co-Orientador Professor Sebastião do Amaral Machado, pelas sugestões apresentadas.

À Dra. Ana Paula Dalla Corte, pelas valiosas contribuições apresentadas para o desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Júlio Eduardo Arce e Nelson Carlos Rosot pela amizade, contribuição e ajuda na realização deste trabalho.

Aos colegas Alberto Manhiça, Mário Sebastião Tuzine, Hecrálito Constantino Mucavele, Cláudio João Cuaranhua, Horácia Celina Mula, Clemência Chitsondzo e Nocy Bila.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de aprimoramento técnico-científico através da realização deste curso.

Ao MTC-Moçambique e ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores e funcionários do Programa de Engenharia Florestal da UFPR.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVOS.....	12
1.1.1 Geral	12
1.1.2 Específicos.....	12
1.2 HIPÓTESES CIENTÍFICAS	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 A ESPÉCIE <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	13
2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO DAS ÁRVORES	14
2.3 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO FLORESTAL.....	15
2.3.1 Conceito de árvore dominante	17
2.3.2 Construção de curvas de índice de sítio	18
2.4 ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS	18
2.5 IMPORTÂNCIA DE SOLOS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS	19
2.6 INTERAÇÃO SÍTIO E ESPÉCIE	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	22
3.2 CLIMA, VEGETAÇÃO E RELEVO	23
3.3 METODOLOGIA	23
3.3.1 Levantamento de dados dendrométricos	23
3.3.1.1 Processo de amostragem	25
3.3.1.2 Método de amostragem	25
3.3.1.3 Intensidade amostral.....	26
3.3.1.4 Fluxograma de dados coletados em parcelas permanentes em função de variáveis explicativas	27
3.3.2 Teste de modelos matemáticos de classificação de sítio florestal	27
3.3.2.1 Ajuste de modelos de classificação de sítio florestal	28
3.3.3 Classificação de sítio	31

3.3.4 Mapeamento das propriedades com base no método de interpolação <i>Inverse Distance Weight</i> (IDW);.....	32
3.3.5 Levantamento de amostras de solos.....	32
3.3.5.1 Análises químicas	32
3.3.6 Seleção das variáveis edáficas.....	33
3.3.6.1 Matriz de correlação.....	33
3.3.6.2 Comparação de modelos de regressão	34
3.3.6.2.1 Determinação do modelo de regressão usando o método de análise de Componentes Principais	34
3.3.6.2.2 Determinação do modelo de regressão usando o método <i>stepwise</i>	35
3.3.6.2.3 Comparação dos modelos	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1 TESTE DE MODELOS MATEMÁTICOS.....	36
4.1.1 Ajuste de modelos de classificação de sítio.....	36
4.1.2 Análise gráfica dos resíduos.....	37
4.1.3 Validação dos modelos de classificação de sítio.....	39
4.1.4 Seleção do melhor modelo.....	39
4.2 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO FLORESTAIS COM BASE NO MODELO SELECIONADO.....	40
4.3 MAPEAMENTO DAS PROPRIEDADES COM BASE NO ÍNDICE DE SÍTIO E NO MODELO SELECIONADO.....	42
4.3.1 Importância prática da classificação do sítio.....	49
4.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E EDÁFICOS.....	50
4.4.1 Correlação entre as variáveis de solos e variáveis biométricas.....	50
4.5.1 Análise de componentes principais.....	53
4.5.2 Análise de regressão com base nas variáveis de solo selecionadas por componentes principais.....	55
4.5.3 Análise de regressão com base em <i>stepwise</i>	56
4.6 COMPARAÇÃO DE MODELOS DE REGRESSÃO OBTIDOS A PARTIR DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE <i>STEPWISE</i>	57

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	59
6 REFERÊNCIAS	60
ANEXOS.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÁREA PLANTADA, NÚMERO DE UNIDADES AMOSTRAIS, DAP MÉDIO, ALTURA MÉDIA E O VOLUME MÉDIO POR HECTARE PARA CADA PROJETO.....	26
TABELA 2 - MODELOS PARA DETERMINAR A CAPACIDADE PRODUTIVA	28
TABELA 3 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E SUAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE E PRECISÃO	37
TABELA 4 - DADOS DO QUI-QUADRADO TABELADO E CALCULADO	39
TABELA 5 - LIMITES DE CLASSE DE SÍTIO	41
TABELA 6 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE SOLOS E VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS	51
TABELA 7 - AUTOVALORES E COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS	54
TABELA 8 - AUTO-VETORES DAS QUATRO COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS DE SOLO	54
TABELA 9 - TESTE DE SIGNIFICÂNCIA DO MODELO GERADO A PARTIR DE VARIÁVEIS OBTIDAS DE COMPONENTES PRINCIPAIS.....	55
TABELA 10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SIGNIFICÂNCIA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO POR COMPONENTES PRINCIPAIS	56
TABELA 11 - TESTE DE SIGNIFICÂNCIA DO MODELO GERADO A PARTIR DE <i>STEPWISE</i>	57
TABELA 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SIGNIFICÂNCIA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO POR <i>STEPWISE</i>	57

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E OCORRÊNCIA NATURAL DOS PINUS TROPICAIS.....	14
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PRATA.....	22
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DAS FAZENDAS NA REGIÃO DE PRATA.....	24
FIGURA 4 - ESQUEMA DA UNIDADE AMOSTRAL.....	25
FIGURA 5 - UNIDADE AMOSTRAL QUANDO A LINHA TEM MENOS DE 100 ÁRVORES	25
FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DE DADOS	27
FIGURA 7 - GRÁFICOS DE DISPERSÃO DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DA ALTURA DOMINANTE ESTIMADA PELAS EQUAÇÕES DE SCHUMACHER, CHAPMAN E RICHARDS, BAILEY E CLUTTER E PRODAN	38
FIGURA 8 - CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO	42
FIGURA 9 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NAS FAZENDAS SALTO E PONTE 1 E 2	44
FIGURA 10 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA SALTO E PONTE 3.....	45
FIGURA 11 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA BURITI DOS BOIS.....	46
FIGURA 12 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA JUSSARA DE MINAS	47
FIGURA 13 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA VERTENTE GRANDE	48
FIGURA 14 - GRÁFICOS DE DISPERSÃO DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE SÍTIO ESTIMADO PELO <i>STEPWISE</i> E PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS...	58

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido na região de Prata, Estado de Minas Gerais e teve como objetivo avaliar o efeito de solo e características dendrométricas na classificação de sítios florestais para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e a análise de correlação entre as características químicas e o índice de sítio. Utilizaram-se dados de 240 parcelas permanentes para a obtenção de altura dominante e foram coletadas 183 amostras de solos na profundidade 0 a 20 cm. Através da análise das estatísticas de ajuste, coeficiente de determinação - $R^2\%$, erro padrão da estimativa - $S_{yx}\%$, análise gráfica dos resíduos e teste Qui-quadrado, ajustaram-se quatro modelos, nomeadamente: Schumacher, Chapman & Richards, Bailey & Clutter com 3 parâmetros e de Prodan, com a finalidade de selecionar o melhor modelo. A partir do modelo selecionado construiu-se a curva guia e foi adotada a idade de referência de 20 anos, com três classes de sítio e foi feito o mapeamento da área usando o método de interpolação *inverse distance weight* (IDW). Foi construída uma matriz de dados constituída por variáveis edáficas e altura dominante na idade de referência para a análise de correlação e identificação de fatores de solo limitantes no índice de sítio de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Com base na análise de regressão foram desenvolvidos modelos para estimar o índice de sítio em função de variáveis edáficas. Foram usados dois métodos: o método da seleção das variáveis a partir dos componentes principais e o método de *stepwise*. Os resultados mostraram que o melhor modelo para a construção da curva guia foi o de Chapman & Richards, pois apresentou maior valor do coeficiente de determinação ($R^2\%=70,68$) e menor erro padrão da estimativa ($S_{yx}\%=8,79$). No que tange à classificação de sítio, a classe de produtividade predominante na região é a classe de sítio II, havendo pequenas áreas nas classes I e III. No que se refere à análise de correlação, as características químicas do solo, como variáveis Índice de SMP, Al^{3+} , $H+Al$ e P (Mehlich-1) foram consideradas fatores limitantes no crescimento em altura de *P. caribaea* var. *hondurensis*. Com base nas estatísticas de ajuste dos modelos de regressão desenvolvidos, o modelo obtido a partir de *stepwise* foi o que apresentou a melhor capacidade de expressar a relação entre a altura dominante na idade de referência e as variáveis edáficas.

PALAVRAS CHAVES: Índice de sítio, altura dominante, características químicas de solos.

ABSTRACT

This work was developed in the region of Prata in Minas Gerais, and aimed to evaluate the effect of soil and dendrometric characteristics in classifying forest sites for the species *Pinus caribaea* var. *hondurensis* and the correlation analysis between the soil chemical characteristics and the site index. 240 permanent plots data were used to obtain the dominant height and 183 soil samples at 0 to 20cm depth were collected in the area. Through statistical analysis (coefficient of determination - $R^2\%$ and standard error of estimate - $S_{yx}\%$), graphical residual analysis and Cui-square analysis aiming set the best site classification model, were tested four (4) models namely: Schumacher, Chapman & Richards, Baily & Clutter (three parameters) and Prodan. From the best model was constructed the guide curve and adopted 20 years old as reference age, with three site classes and was made mapping the area using the interpolation method *inverse distance weight* (IDW). It was built a data matrix consisting of dominant height and soil variables for correlation analysis and identification of soil factors limiting the height growth of *P. caribaea* v. *hondurensis*. Based on regression analysis they were developed regression models to estimate the site index through soil characteristics. Were used two methods of regression specifically: the method of selection of variables from principal components and *stepwise* method. The results showed that from the higher $R^2\% = 70,68$ and lower $S_{yx}\% = 8,79$, the best model of Chapman & Richards was the best fit to the data. On the classification of the site productivity class more prevalent in the region is the site class II and small areas for the site class I and III. Regarding the correlation analysis, the soil chemical characteristics, such as variables SMP index, Al^{3+} , H + Al and P (Mehlich-1) were limiting factors in the site index of *P. caribaea* var. *hondurensis*. The regression models developed through statistical adjustment, the one derived from *stepwise* showed greatest accuracy.

KEY-WORDS: Site index, dominant height, chemical characteristics of soils.

1 INTRODUÇÃO

As plantações florestais apresentam grande importância sócio-econômica em vários países, gerando produtos para consumo interno ou para exportação e emprego para a população. Portanto, o estudo da classificação das terras florestais quanto ao seu potencial de produtividade é de grande importância, tanto para o manejo florestal como para o planejamento de uma empresa florestal, tomando em consideração que o índice que expressa a produtividade de uma área florestal é uma variável requerida para o desenho de modelos de predição da produção florestal e também é uma variável importante para a estratificação da área segundo a sua capacidade produtiva para fins de inventário como para fins de exploração (SCOLFORO 1988a).

Com a demanda de produtos florestais e com a escassez de madeira proveniente de floresta nativa, começou-se o estabelecimento de áreas florestais com o uso de espécies de rápido crescimento, especialmente de coníferas e eucalipto. Porém o plantio desordenado de espécies introduzidas sem estudar os fatores ambientais para cada espécie pode causar sérias perdas para o reflorestamento (SCOLFORO 1988a).

Dentre os fatores do meio que expressam a produtividade de um povoamento florestal, os mais importantes são: características físicas, químicas e mineralógicas dos solos, características climáticas, características fisiográficas e fatores bióticos (CARVALHO, 1999).

Os sítio florestais se definem de diferentes pontos de vista entre os ecólogos e manejadores florestais: os ecólogos definem sítio como uma unidade geográfica uniforme caracterizada por combinações estáveis dos fatores que interagem o meio; e os manejadores florestais definem sítio como um fator de produção primário capaz de produzir madeira ou produtos florestais a eles associados (SCHONAU, 1987).

Portanto, este trabalho objetiva Avaliar o efeito de solo e características dendrométricas na classificação de sítios florestais para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* localizada no Estado de Minas Gerais

O estudo desta espécie é muito importante para o setor, devido ao seu potencial na produção de multiprodutos, como a madeira para abastecimento industrial,

processamento mecânico, produção de madeira serrada, madeira laminada, confecção de painéis ou produção de celulose e papel.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- ✓ Avaliar o efeito de solo e características dendrométricas na classificação de sítios florestais para a espécie *Pinus caribaea* var. *hondurensis* localizada no Estado de Minas Gerais.

1.1.2 Específicos

- ✓ Testar modelos matemáticos de classificação de sítio florestal;
- ✓ Determinar o índice de sítio com base em modelo selecionado;
- ✓ Mapear as propriedades com base no método de interpolação de *inverse distance weight* (IDW);
- ✓ Analisar os fatores edáficos e sua correlação com a altura dominante na idade de referência;
- ✓ Determinar e comparar os modelos de regressão, obtidos por meio de análise de componentes principais e obtidos a partir de *stepwise* para estimativa do índice de sítio usando variáveis de solo.

1.2 HIPÓTESES CIENTÍFICAS

Neste estudo foram formuladas as seguintes hipóteses científicas.

- ✓ As plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* estabelecidas na região de Prata em Minas Gerais estão localizadas no mesmo sítio de acordo com a classificação segundo a capacidade produtiva;
- ✓ Existem características químicas do solo, consideradas como fatores limitantes ao crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A ESPÉCIE *PINUS CARIBAEA* VAR. *HONDURENSIS*

Após estudos morfológicos e ecológicos da forma típica de *Pinus caribaea*, Barrett & Golfari (1962, citados por Isolan, 1972)¹ definiram a classificação sistemática dos chamados “Pinus do Caribe”. A espécie é sub-dividida em: *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* (típica), *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus caribaea* var. *bahamensis*. Na Figura 1 são indicadas as regiões de ocorrência dos *Pinus* tropicais.

Segundo Kronka *et al.* (2005), *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, nas suas regiões de origem é encontrado em numerosos maciços, de forma descontínua e bastante fragmentada, localizados entre 18º e 12º de latitude Norte, na Guatemala, Honduras e Nicarágua. Ocorre desde o nível do mar até regiões com altitudes de 850 m. Existem grandes variações climáticas dentro desta área de ocorrência, a saber:

- ✓ Região litorânea com clima tropical (temperatura média anual de 24 °C a 27,2 °C), chuvas abundantes (até 3.500 mm anuais), com curto período de seca;
- ✓ Região do interior, com clima subtropical, de temperatura média anual entre 20 °C e 24 °C e chuvas escassas, desde 950 mm e longo período seco (seis meses).

Dentre os *Pinus* tropicais, o *Pinus caribaea* var. *hondurensis* é o mais plantado no Brasil, em decorrência da facilidade de obtenção das sementes. Segundo Shimizu (2005), a variedade é destinada à produção de madeira para processamento mecânico.

¹ BARRETT, W. H. G. E GOLFARI, L. Descripción de dos nuevas variedades Del “Pinus del Caribe” (*Pinus caribaea* Morelet). **Caribbean Forestre**, v. 23, n.2, p. 59-71. 1962

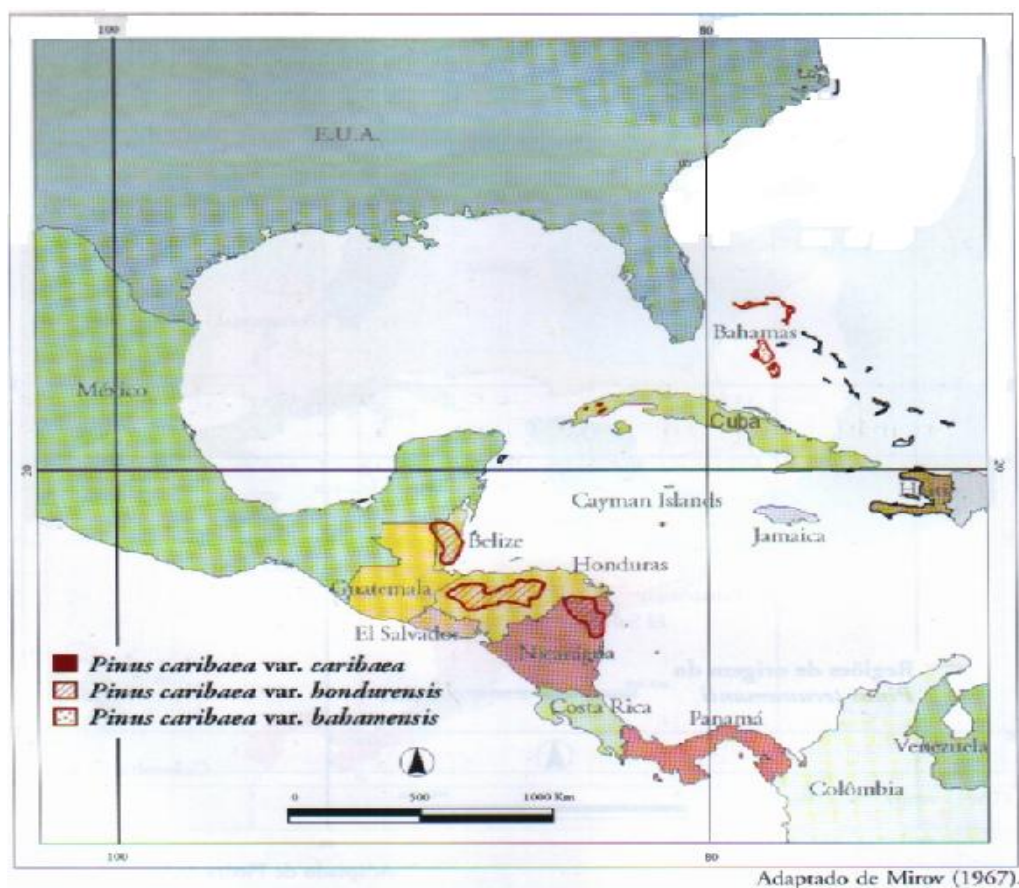


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO E OCORRÊNCIA NATURAL DOS PINUS TROPICAIS

2.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O CRESCIMENTO DAS ÁRVORES

Crescimento é definido como sendo o aumento de tamanho ou peso (biomassa) de um organismo ou comunidade viva.

No que se refere à produção de madeira, o crescimento na sua produção é considerado na parte utilizável da árvore, neste caso, o fuste, sendo expresso em volume ou em peso, como por exemplo, na produção de polpa (SCHNEIDER, 2008).

O crescimento individual das árvores pode ser descrito através do crescimento em altura, crescimento em diâmetro e crescimento em volume. Segundo experiências feitas na Europa e África do Sul, sobre o crescimento em altura, mostram que esta medida não é afetada pela densidade de plantio (HILEY, 1959, *apud* SCHNEIDER,

2008)². Todavia, o crescimento em altura das árvores dominantes e co-dominantes não sofre influência dos desbastes; as taxas de crescimento em altura dependem de fatores genéticos da espécie, e da qualidade de sítio. Contrariamente ao crescimento de árvores individuais em diâmetro, este é afetado fortemente pela densidade, sendo muito sensível às mudanças causadas pelos desbastes. As árvores dominantes respondem favoravelmente às mudanças de densidade, tendo em conta que se encontram em posição privilegiada para a competição com outras espécies pela luz, umidade e elementos nutritivos. O crescimento volumétrico é a consequência da combinação entre o crescimento em altura e o crescimento diametral (SCHNEIDER, 2008).

Segundo Scolforo (1998), o crescimento das árvores é expresso de diferentes maneiras, podendo citar o incremento corrente anual (ICA), o incremento médio anual (IMA), incremento periódico (IP) e o incremento periódico médio.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO FLORESTAL

Uma das atividades básicas e de grande importância na formação de povoamentos florestais é a determinação das unidades de produção que podem ser definidas através de classificação de sítios florestais.

O índice de sítio (IS) é definido de várias maneiras. Segundo Isolan (1972), o índice de sítio é definido como sendo a área considerada no tocante a seus fatores ecológicos com relação à capacidade de produzir bosques ou outra vegetação, isto é, IS é a combinação dos fatores bióticos, climáticos e edáficos de uma determinada área; é ainda a expressão da qualidade do sítio ou de uma área florestal. Esta definição é sustentada por Scolforo (1998), que define IS como sendo o conjunto de condições ecológicas (climáticas, edáficas e biológicas) que interferem no desenvolvimento de povoamentos florestais numa determinada área florestal.

² HILEY, W. E. **Conifers: South African methods of cultivation**. Faber and Faber, London, p.123, 1959.

A qualidade de sítio tem sido a segunda variável independente na predição de modelos de crescimento e produção em povoamentos florestais. A determinação deste parâmetro é comum no manejo florestal para classificar os povoamentos equiâneos segundo sua capacidade produtiva (SCOLFORO, 1998).

A classificação de povoamentos florestais segundo a sua capacidade produtiva permite a sua estratificação tanto para fins de inventário florestal como para fins de exploração com base num rendimento sustentado ou ainda permite clarificar as possibilidades e riscos de manejo (SCOLFORO, 1988a).

Segundo Cassol (1982), os parâmetros usados para a classificação do sítio são vários, incluindo as variáveis do povoamento relacionando-as aos fatores que influem no crescimento e produtividade das espécies florestais.

A capacidade produtiva de uma determinada área pode ser determinada pelo volume total de madeira/ha produzido em um dado período ou através da altura média de árvores dominantes e codominantes como medidas diretas da produtividade (CASSOL, 1982).

Vários autores, como Dietrich (1977)³, Brum (1979)⁴, citados por Cassol (1982), Hope (1980) e Scolforo e Machado (1988b) usaram a altura dominante como variável do povoamento para determinar o índice de sítio, embora Van Eck e Whiteside (1963) e Brown e Loewenstein (1978) incluam além desta variável o volume de madeira/ha para avaliação da produtividade de sítio.

O uso do método de volume para determinar a produtividade de sítio, apesar de grandes vantagens que apresenta, não é recomendável por ser muito trabalhosa a sua obtenção, além disso, o volume é produto de vários fatores.

A determinação da qualidade de sítio pode ser feita com o uso de métodos diretos e indiretos. Nos métodos diretos, a capacidade produtiva é avaliada com base em características desse sítio, neste caso, do crescimento da floresta. E no método indireto é estimada com base nos atributos do sítio. Estes atributos do sítio e de

³ DIETRICH, A. B. Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze. **UFPR**, Curitiba, p. 70, 1977.

⁴ BRUM, E. T. Relação entre a altura dominante e fatores do sítio em povoamento de *Pinus elliottii* Engelm. na região de Ponte Alta do Norte - SC. **UFPR**, Curitiba, p.197, 1975.

crescimento podem ser classificados como fatores primários, quando são dependentes do ecossistema ou comunidade florestal, como por exemplo: macroclima, topografia, rocha de origem, ou seja, características climáticas e fatores secundários quando são desenvolvidos e influenciados por componentes do ecossistema, como: microclima, solo florestal, matéria orgânica, regime de umidade e lençol freático (SCOLFORO, 1993).

Esta classificação da capacidade produtiva é feita com a construção de curvas de índice de sítio, tendo como pressupostos que cada sítio possui o seu crescimento em altura, dependendo das condições edafoclimáticas e da espécie.

2.3.1 Conceito de árvore dominante

É de conhecimento público que a altura das árvores dominantes é a melhor medida direta de produtividade de um solo, pois esta medida é pouco influenciada pela densidade e tratamentos silviculturais.

Existem várias definições de altura dominante. Assmann, definiu altura dominante como sendo a altura média das 100 árvores de maior diâmetro por hectare. Este é considerado o procedimento mais objetivo e fácil na identificação de árvores dominantes. Segundo SCOLFORO (1993), o conceito de árvore dominante está apresentado a seguir, segundo vários autores:

- ✓ Altura média de 100 das árvores mais grossas por hectare (ASSMANN).
- ✓ Altura média das 100 árvores mais altas por hectare (HART). É um método que apresenta bons resultados, tendo o grande inconveniente de, em plantações com altas densidades ou em plantações mais velhas, ser difícil a identificação das maiores árvores em altura das parcelas.
- ✓ Altura média das árvores com DAP maior ou igual ao DAP médio + 1,5s (desvio padrão) (NASLUND).
- ✓ Altura média correspondente ao DAP médio de 20% das árvores mais grossas do povoamento (WEISE).
- ✓ Altura média das 30 árvores mais altas por hectare (LEWIS).

O método de índice de sítio que se baseia na altura média das árvores dominantes na idade de referência, é o mais universalmente utilizado para definir a potencialidade dos sítios florestais e assim o será até que métodos que conjuguem a soma de fatores ambientais possam ser traduzidos de forma numérica e acessível aos usuários do setor. Alguns trabalhos importantes foram desenvolvidos sobre classificação de sítios florestais, considerando diferentes espécies, diferentes métodos de ajustes dos modelos matemáticos e dos diferentes padrões de desenvolvimento da altura média das árvores dominantes, representadas por curvas anamórficas ou polimórficas. Dentre estes citam-se: Campos *et al.* (1985), Batista e Couto (1986), Scolforo e Machado (1988a, 1988b), Couto *et al.* (1989), Alemdag (1991), Gonzalez *et al.* (1992), Stansfield e Mctague (1992), Mcdill e Amateis (1992), Cao (1991), Maestri (1992) e Scolforo (1992).

2.3.2 Construção de curvas de índice de sítio

Para a construção das curvas de índice de sítio, inicialmente definem-se as classes de sítio e seus respectivos índices; a idade de referência (idade próxima ao ciclo de rotação) deve ser definida através de revisão bibliográfica ou prática do manejador. Com esses dados são estimados por meio da equação ajustada, o índice de sítio na idade de referência (FIGUEIREDO, 2005).

O valor do índice de sítio na idade de referência é a altura média das árvores dominantes, onde é adotado o valor central da classe média. As demais classes são estimadas através da subtração e adição de um determinado valor, escolhido pelo manejador, delimitando as classes de acordo com o melhor desenvolvimento do trabalho (SCOLFORO, 1988b).

2.4 ANÁLISE ESPACIAL DE DADOS

A maior parte dos dados coletados para a análise é proveniente de amostras localizadas pontualmente dentro de um espaço geográfico. Quando se deseja obter

informações contínuas de uma superfície, e ainda, disponibilizá-las visualmente em forma de um mapa, por exemplo, torna-se necessário utilizar técnicas de interpolação (STOLE, 2008). Estes métodos de interpolação incorporados em sistemas de informações geográficas (SIG) são baseados em funções matemáticas. Burrough (1986), apresenta vários métodos de interpolação espacial, tais como: método da poligonal, triangulação, média local das amostras e método da distância inversa (IDW). Em geral, estes métodos são facilmente implementados e razoavelmente rápidos, porém consideram que as amostras são independentes.

Câmara *et al.* (2004) citam que técnicas geoestatísticas podem ser utilizadas para se fazer a interpolação de dados e representar uma superfície contínua, considerando um comportamento homogêneo da estrutura de correlação espacial na área estudada e sua dependência espacial.

A geoestatística pode ser aplicada em diversas áreas onde, em estudos referentes à análise de solos, a maior aplicação encontra-se na determinação da variabilidade dos atributos químicos e/ou físicos CARVALHO *et al.*, 2002, BOLFE *et al.*, 2007 e MACHADO *et al.*, 2006).

Na área florestal pode-se citar o trabalho de Rufino *et al.* (2006), onde utilizou a krigagem para mapear a variabilidade espacial do potencial produtivo de um povoamento de eucalipto a partir de informações químicas e físicas de solo e de dados dendrométricos e de Mello (2004), que aplicou a geoestatística com dados de inventário florestal de eucalipto para fazer estimativas volumétricas por talhão.

2.5 IMPORTÂNCIA DE SOLOS NO CRESCIMENTO DE PLANTAS

A associação de características do solo à classificação de sítio tem sido enfocada por diversos autores. No Canadá, a relação solo-sítio foi estudada para *Tsuga heterophylla* por Kayahara *et al.* (1995). No Segundo Planalto do estado do Paraná, Menegol (1991) selecionou variáveis nutricionais que possam servir de base para o estudo do crescimento em altura de *P. elliotii* e concluiu que os teores de magnésio e zinco são os fatores mais limitantes ao crescimento em altura desta

espécie. Em Turrialba na Costa Rica, Isolan (1972), em estudo de qualidade de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, desenvolveu um método de classificação de sítio para com base na identificação de fatores edáficos mais importantes que influem no crescimento dessa espécie.

A capacidade produtiva de um determinado local pode ser determinada através da medição de fatores intrínsecos ou extrínsecos à biomassa florestal. Ortega e Montero (1988), destacam, como fatores intrínsecos, a altura dominante ou média, o crescimento médio máximo, o volume total no final da rotação e a interceptação. E como fatores extrínsecos do biótipo refere-se ao clima, a litologia, a edafologia e a morfologia; e da biocenose, as espécies indicadoras (sociologia) e associações indicadoras (fitossociologia). Esta capacidade produtiva depende, fundamentalmente, das condições do solo e do meio ambiente. A classe de solo agrega importantes informações, destacando-se a profundidade do solo, a classe de textura, os níveis de nutrientes, o teor de matéria orgânica, a atividade química da fração coloidal e a presença de camadas compactadas que poderiam restringir o crescimento das raízes e a percolação de água.

Dentre estes fatores, a influência que as propriedades físicas e químicas dos solos exercem sobre o crescimento das árvores tem merecido atenção especial. Pesquisas sobre estes aspectos têm sido direcionadas, principalmente, à definição de espécies a serem plantadas e indicações de práticas de manejo dos solos e de povoamentos florestais (CARVALHO *et al.*, 1999). Diversos autores como Cassol (1982), Bognola (2007) e Carvalho *et al.* (1999) demonstraram que as características do solo como variáveis químicas, teor de argila nos horizontes A e B, profundidade, níveis de nutrientes e capacidade de retenção da umidade afetam a qualidade do sítio, dependendo do tipo de solo e das espécies envolvidas.

As propriedades físicas do solo têm se relacionado, com maior frequência, à capacidade produtiva dos sítios florestais do que as químicas, principalmente nos aspectos da capacidade de retenção e armazenamento de umidade do solo (GONÇALVES *et al.*, 1990). A estrutura do solo, a consistência, a capacidade de retenção de água, a drenagem e as reações de troca entre o sistema radicular e o complexo coloidal são diretamente dependentes da textura. Esta pode ser considerada,

individualmente, como a característica que mais influencia na capacidade produtiva dos sítios florestais.

Estudos desenvolvidos por Petersen *et al.* (1968) demonstraram que a disponibilidade de água é mínima em solos de textura arenosa, máxima nos solos de textura média com altos teores de silte e intermediária nos de textura mais fina. Solos argilosos costumam ser mais férteis que os arenosos, embora possam apresentar drenagem insuficiente (ZOBEL *et al.*, 1987). Entretanto, quando se trata de latossolos, que são bem drenados, essa generalização não se aplica. A atuação conjunta de diversos fatores no crescimento da floresta, aliada à dificuldade de medição de algumas variáveis, principalmente as referentes ao clima e ao solo, tem dificultado o trabalho com modelos que contemplem todos estes fatores.

2.6 INTERAÇÃO SÍTIO E ESPÉCIE

O crescimento das árvores é o resultado da interação entre o aspecto genético da espécie e os fatores do meio ambiente; estes fatores compreendem as condições climáticas (temperatura, precipitação, vento e insolação), edáficas (características físicas e biológicas), topográficas (altitude, inclinação e exposição) e competição com outras árvores e com a vegetação rasteira (FINGER, 1992).

O ambiente é extremamente importante para o desenvolvimento das espécies, isto é, o desempenho das espécies florestais é influenciado em grande medida pelas características do sítio, tendo em conta que pequenas variações de áreas próximas podem provocar variações extremas na resposta ao crescimento das espécies florestais (FINGER, 1992).

Por motivos da interação entre o ambiente e as espécies, o desenvolvimento das espécies pode apresentar distintos comportamentos, quando plantadas em diferentes ambientes. Portanto, segundo Kageyama e Castro (1989) citados por Faria (1996)⁵, os resultados observados em diferentes ambientes não podem ser extrapolados para outros ambientes. Tendo em conta a influência do ambiente no

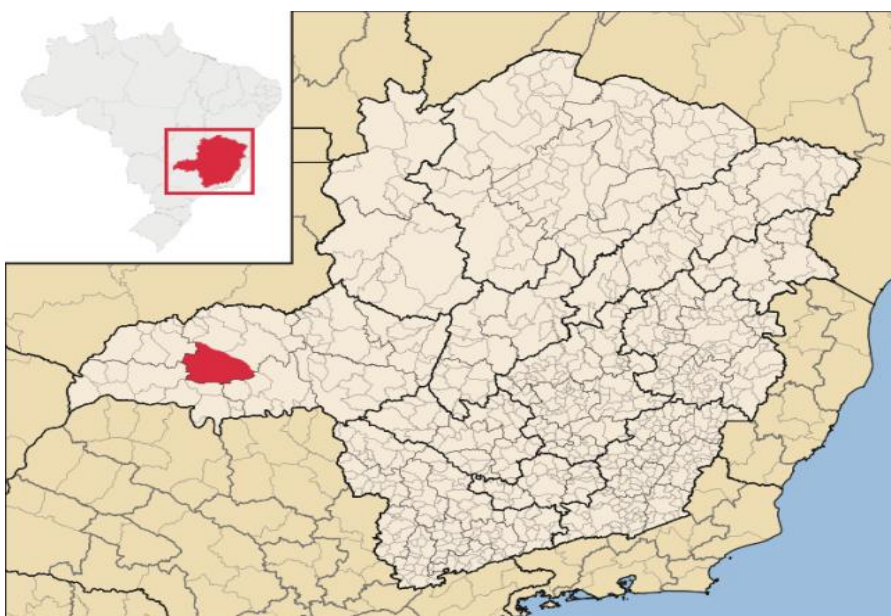
⁵ KAGEYAMA, P. Y.; CASTRO, C, F.A. Sucessão secundária, estrutura genética e plantações de espécies arbóreas nativas. **IPEF**, Piracicaba, n.41/42, P.83-93, 1989.

desenvolvimento da vegetação, o homem pode alterar a produtividade de um sítio através de tratos silviculturais, seleção de árvores com melhores características genéticas e melhoramento de alguns fatores ambientais como água, nutrientes, densidade do solo, etc (FINGER, 1992).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área em estudo está localizada na região de Prata, estado de Minas Gerais, entre os paralelos 19°18'27" de latitude sul e longitude 48°55'22" oeste, com altitude média de 631 m, veja o mapa da localização geográfica na Figura 2 (IBGE, 2009).



FONTE: Adaptado de IBGE (2009)

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE PRATA

O município de Prata em Minas Gerais possui uma área total de aproximadamente 4.856,626 km² dos quais 89,8756 km² (8.987,56 hectares) é constituída de vegetação e cerca de 54% dessa área está ocupada por plantios de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. A área restante é de Preservação Permanente e

Reserva Legal. Segundo dados estatísticos IBGE (2009) o município possui uma população de 26.857 habitantes e uma densidade populacional de 5,52 habitantes por km². Faz fronteira com municípios de Uberlândia, Ituiutaba, Monte Alegre de Minas, Campina Verde, Comendador Gomes, Campo Florido e Veríssimo (IBGE, 2009).

3.2 CLIMA, VEGETAÇÃO E RELEVO

O clima da região segundo a classificação de Köppen, é do tipo tropical semi-úmido, com chuvas no verão e seca no inverno. Apresenta temperatura média anual de 24 °C, com precipitação média anual de 1.500 mm (IBGE, 2009).

A vegetação original da área é predominantemente constituída de cerrado, apresentando trechos de floresta tropical no vale dos principais rios. O relevo pertence ao Planalto Sedimentar Medianamente Dissecado na maior parte, com relevos residuais a oeste e planície fluvial a leste (IBGE, 2009).

3.3 METODOLOGIA

3.3.1 Levantamento de dados dendrométricos

Os dados dendrométricos para a realização deste trabalho foram levantados em parcelas permanentes estabelecidas na empresa FABER-CASTELL. Os plantios foram estabelecidos desde o ano de 1989 até 1999 nas fazendas de Salto e Ponte I, II e III; Buriti dos Bois I e II; Vertente Grande I, II e III e Jussara de Minas I, II.

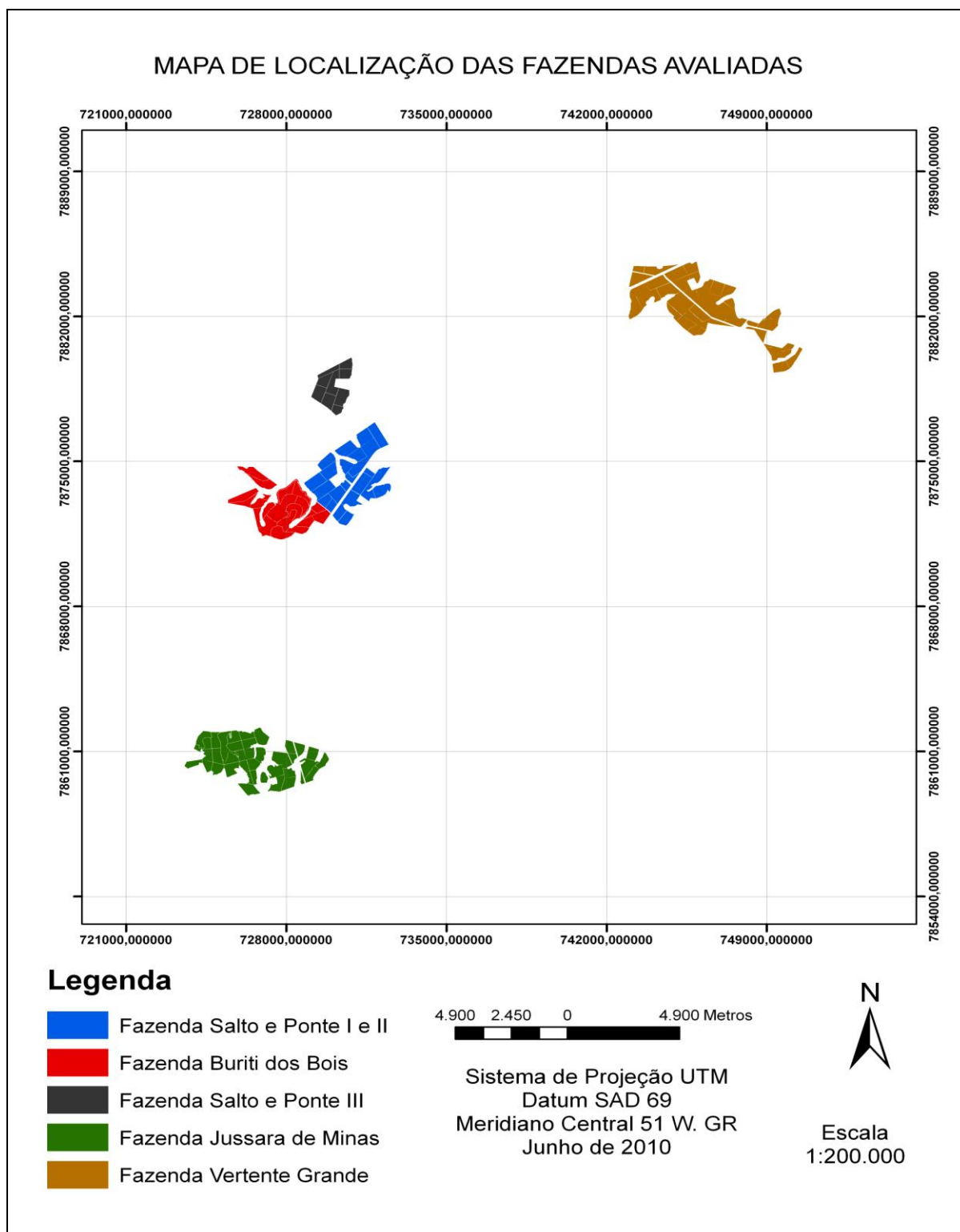


FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DAS FAZENDAS NA REGIÃO DE PRATA

3.3.1.1 Processo de amostragem

O processo de Amostragem adotado para este trabalho de pesquisa foi o sistemático independente de cada projeto, visando melhorar as estimativas.

3.3.1.2 Método de amostragem

O Método de Amostragem foi realizado em linha medindo as primeiras 100 árvores da linha de plantio, o que implica em uma variação na área da parcela já que os talhões possuem espaçamentos diferentes. Na Figura 4, está apresentado um esquema deste método.

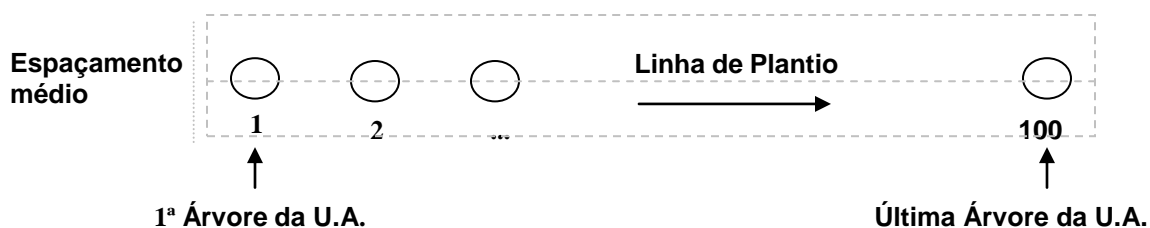


FIGURA 4 - ESQUEMA DA UNIDADE AMOSTRAL

Nos casos em que a linha não possuía 100 árvores em seu total, então o procedimento foi o mesmo apresentado na Figura 4 dando continuidade a linha de amostragem na linha subsequente conforme Figura 5.

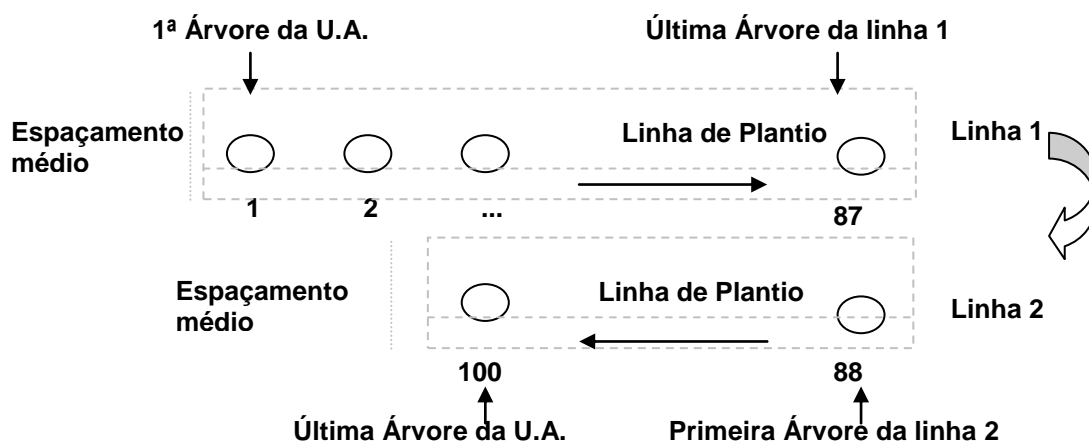


FIGURA 5 - UNIDADE AMOSTRAL QUANDO A LINHA TEM MENOS DE 100 ÁRVORES

3.3.1.3 Intensidade amostral

Em todas as propriedades florestais foram estabelecidas no total 240 unidades amostrais permanentes e monitoradas anualmente a partir de 2005, 2006 a 2010. A Tabela 1 mostra a área de plantio, o número de parcelas permanentes, diâmetro médio, altura média e volume médio por cada propriedade.

TABELA 1 - ÁREA PLANTADA, NÚMERO DE UNIDADES AMOSTRAIS, DAP MÉDIO, ALTURA MÉDIA E O VOLUME MÉDIO POR HECTARE PARA CADA PROJETO

Projetos florestais	Área plantada (ha)	Nº de parcelas	DAP médio (cm)	Altura média (m)	Volume (m³/ha)
Buriti dos Bois I	278,7	18	24,3	18,7	410,1
Buriti dos Bois II	334,1	21	24,4	17,3	258,8
Salto e Ponte I	663,7	31	23,2	20,4	354,4
Salto e Ponte II	348,9	20	23,4	20,3	404,5
Salto e Ponte III	363,5	18	20,0	18,2	359,0
Jussara de Minas I	308,7	23	22,8	17,3	281,7
Jussara de Minas II	605,5	42	21,1	17,2	255,3
Vertente Grande I	153,9	8	22,2	20,4	443,0
Vertente Grande II	856,4	51	21,7	19,1	404,7
Vertente Grande III	125,51	8	22,7	17,0	392,2
Total	4.038,91	240			

3.3.1.4 Fluxograma de dados coletados em parcelas permanentes em função de variáveis explicativas

Nas unidades amostrais estabelecidas (parcelas permanentes) foram tomados dados de produção, como por exemplo; a altura total das árvores, altura dominante, diâmetro médio e a idade. As variáveis explicativas refere-se a características de solos como as variáveis químicas. A figura 6 mostra o fluxograma de dados usados no presente trabalho.

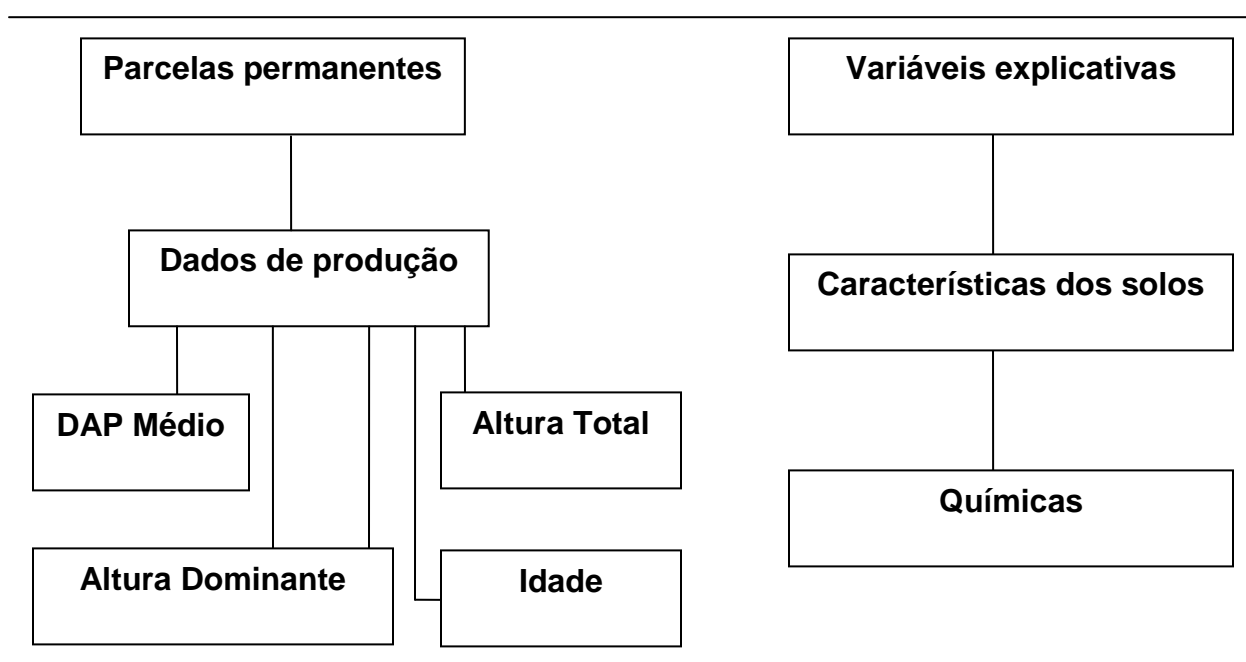


FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DE DADOS

3.3.2 Teste de modelos matemáticos de classificação de sítio florestal

A classificação do sítio usando dados dendrométricos foi testada ajustando-se 4 modelos com dados de 240 parcelas permanentes estabelecidas. A finalidade de ajuste foi de testar e selecionar o melhor modelo, com as estatísticas coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa, análise gráfica dos resíduos e a validação dos modelos através do teste de Qui-quadrado). Dos dados obtidos foram separadas 30 árvores com finalidades de determinação de teste de Qui-quadrado.

3.3.2.1 Ajuste de modelos de classificação de sítio florestal

O ajuste de modelos é o estudo da relação entre duas variáveis ou grupos de variáveis, onde a estimativa do valor de uma variável de difícil obtenção é obtida a partir do conhecimento do valor de uma ou mais variáveis de fácil obtenção. A regressão também permite que seja estimado o grau de associação entre duas ou mais variáveis. Costuma-se também defini-la como uma relação entre uma variável dependente (Y_i) e uma ou mais variáveis independentes (X_i). No estudo da regressão, o principal problema reside em encontrar um modelo matemático que se ajuste bem aos dados reais observados (YOSHITANI, 2009).

As variáveis para o ajuste de modelos de índice de sítio são a altura dominante e a idade dos povoamentos; a altura dominante foi calculada com base no programa *FlorExel v.3.6.08* para cada fazenda e para cada período de medição.

Neste trabalho foram ajustados os modelos de Schumacher, Chapman & Richards, Bailey & Clutter com 3 parâmetros e de Prodan (TABELA 2).

TABELA 2 - MODELOS PARA DETERMINAR A CAPACIDADE PRODUTIVA

Modelos	Forma geral
Schumacher	$\ln H_{dom} = \beta_0 + \beta_1 (1/I)$
Chapman & Richards	$H_{dom} = \beta_0 (1 - e^{-\beta_1})^{\beta_2}$
Bailey & Clutter	$\ln H_{dom} = \beta_0 + \beta_1 (1/I)^{\beta_2}$
Prodan	$\ln H_{dom} = \beta_0 + \beta_1 * I + \beta_2 * I^2$

Onde:

H_{dom} = Altura dominante (m)

β_0 , β_1 e β_2 = Coeficientes do modelo

I = Idade (anos)

O coeficiente de determinação ($R^2\%$) expressa a quantidade de variação da variável dependente que está em função das variáveis independentes. Quanto mais próximo de um (1) melhor é o ajuste da equação (CONCEIÇÃO, 2004).

$$R^2_{aj} = 1 - \left(\frac{n-1}{n-p} \times \frac{SQ_{res}}{SQ_{total}} \right) \quad (1)$$

$$SQ_{res} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (2)$$

$$SQ_{total} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (3)$$

Onde:

R^2_{aj} = coeficiente de determinação ajustado;

n = número de dados;

p = número de coeficientes de cada modelo utilizado;

SQ_{res} = soma dos quadrados dos resíduos;

SQ_{total} = soma dos quadrados do total;

Y_i = alturas dominantes observados (m);

\hat{Y}_i = alturas dominantes estimados (m);

\bar{Y} = média aritmética das alturas dominantes (m);.

O erro padrão da estimativa ($\underline{S}_{yx}\%$) mede a dispersão média entre os valores observados e os valores estimados ao longo da regressão. Quanto mais baixo for o valor de ($\underline{S}_{yx}\%$) melhor será a precisão das estimativas.

O erro padrão da estimativa percentual ($S_{yx} \%$) foi obtido através da fórmula:

$$S_{YX}\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n-p}}}{\bar{Y}} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

$S_{yx}\%$ = erro padrão da estimativa em percentagem;

p = número de coeficientes do modelo

\bar{Y} = média aritmética das alturas dominantes (m);

\hat{Y}_i = alturas dominantes (m) estimado pelo modelo;

Y_i = alturas dominantes medida (m).

3.3.2.2 Análise gráfica dos resíduos

Além dos parâmetros estatísticos, a análise gráfica dos resíduos é mais um indicativo para validar a utilização de um modelo num determinado local, indicando se a estimativa realmente é boa ao longo da linha de regressão, mostrando sua tendência e se a equação utilizada é realmente apropriada.

Para análise da distribuição gráfica residual, os resíduos foram obtidos pela expressão:

$$E_i = \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

E_i = resíduo da i -ésima observação;

Y_i = altura dominante observada (m).

\hat{Y}_i = altura dominante estimada (m).

3.3.2.3 Validação do melhor modelo

A validação do melhor modelo foi feita com base na comparação das alturas dominantes estimados com as suas respectivas alturas dominantes reais, pelo teste de Qui - quadrado de Pearson, com nível de probabilidade de 95%:

$$\chi^2 = \sum \frac{(F_o - F_{est})^2}{F_{est}} \quad (6)$$

Onde:

χ^2 = Qui-quadrado;

F_o = valor observado (real);

F_{est} = valor estimado.

Se o valor calculado de Qui-quadrado for menor que seu valor tabelado, ao nível de 95% de probabilidade, indicará que não existem diferenças significativas entre as alturas dominantes reais e estimadas, sendo a equação válida para a região de estudo.

3.3.3 Classificação de sítio

A idade índice é um ponto de referência para a determinação da qualidade de sítio em diferentes áreas florestais. Apesar da sua escolha ser arbitrária é aconselhável que esta idade seja igual a rotação prevista ou próxima a esta (STRAND, 1964, *apud* MARCOLIN, 1990)⁶. Neste trabalho a idade de referência escolhida foi de 20 anos. Foram definidas três classes de sítio na idade índice tendo como limites: 17-21, 21-25, 25-29 m.

Os intervalos de classes de sítio foram definidos com base na representação gráfica da amplitude de ocorrência dos dados.

Classe I: 25 m – 29 m

Classe II: 21 m – 25 m

Classe III: 17 m – 21 m

⁶ STRAND, L. Numerical constructions of site Index curves. **Forest Science**, 10 (4) p.410-414. 1964.

3.3.4 Mapeamento das propriedades com base no método de interpolação *Inverse Distance Weight* (IDW);

Para finalidades de espacialização da área com base em índice de sítio, todas as alturas dominantes observadas para diferentes idades foram transformadas para a altura dominante na idade de referência a partir da equação do modelo selecionado.

A espacialização da área de estudo foi feita com o recurso do sistema de informação geográfica (SIG) onde cada parcela tinha suas coordenadas sobrepostas às fazendas.

Para a interpolação foi usado o método de interpolação “*inverse distance weight* (IDW)”. Segundo Boscatto (2007), a interpolação de dados é um método utilizado para valores de uma sucessão entre dois valores consecutivos conhecidos. Para este trabalho este método foi utilizado para encontrar locais com a mesma capacidade produtiva a partir de pontos já conhecidos.

3.3.5 Levantamento de amostras de solos

Os solos foram classificados (*in loco*) e as seguintes variáveis foram analisadas no laboratório da Embrapa Florestas: teores de argila, pH, ISMP, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , $H^+ + Al^{3+}$, Soma de bases, CTC, CTC a pH7, P(Mehlich-1), carbono orgânico, saturação de bases, saturação de alumínio e relação Ca^{2+}/Mg^{2+} .

3.3.5.1 Análises químicas

- pH em água e $CaCl_2$ Mol/L – determinados na suspensão solo – líquido de 1:2,5 com tempo de contato não inferior a uma hora e agitação da suspensão imediatamente antes da leitura.

- Carbono orgânico – determinado através da oxidação da matéria orgânica pelo bicromato de potássio 0,4 Mol/L em meio sulfúrico e titulação pelo sulfato ferroso 0,1 Mol/L.

- Índice de SMP – análise da acidez do solo baseado no poder tampão. Usado para identificar a necessidade de correção do solos.

- Fósforo assimilável – extraído com solução de HCl 0,05 Mol/L e H₂SO₄ 0,025 Mol/L (Carolina do Norte) e determinado colorimetricamente em presença do ácido ascórbico.

- Cálcio e magnésio trocáveis – extraídos com solução de KCl Mol/L na proporção 1:20, juntamente com o Al³⁺ extraível e, após a determinação deste, na mesma alíquota são determinados juntos Ca²⁺ e Mg²⁺ com solução de EDTA 0,0125 M;

- Ca²⁺ determinado em outra alíquota com solução de EDTA 0,0125 M; Mg²⁺ obtido por diferença.

- Potássio trocável – extraído com solução de HCl 0,05 Mol/L na proporção 1:10 e determinados por fotometria de chama.

- Valor SB (soma de cátions trocáveis) – calculado pela fórmula:

$$SB = Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^{+}$$

- Alumínio extraível – extraído com solução de KCl Mol/L na proporção 1:20 e determinado pela titulação da acidez com NaOH 0,025 Mol/L.

- Acidez extraível (H⁺ + Al³⁺) – extraída com solução de acetato de cálcio Mol/L ajustada a pH 7,0 na proporção 1:15, determinada por titulação com solução de NaOH 0,0606 Mol/L.

- Valor T (capacidade de troca de cátions CTC) – calculado pela fórmula:

$$\text{Valor T} = \text{Valor SB} + (H^{+} + Al^{3+}).$$

- Valor V (percentagem de saturação por bases) – calculado pela fórmula:

$$\text{Valor V} = 100 \times \text{Valor SB} / \text{Valor T}.$$

- Valor da relação Ca²⁺/Mg²⁺

3.3.6 Seleção das variáveis edáficas

A seleção das variáveis mais importantes na determinação da qualidade de sítio foi efetuada através da determinação da matriz de correlação a partir dos dados.

3.3.6.1 Matriz de correlação

Inicialmente, foram determinadas as correlações entre a altura dominante na idade de referência e as 16 variáveis de solos analisadas, por intermédio do programa

Statgraphics Plus v.5.1. Foram listadas as variáveis de solos com os respectivos resultados obtidos nos diferentes pontos amostrais e a altura dominante na idade de referência correspondente a cada um desses pontos. Todas as variáveis que apresentaram coeficiente de correlação não significativo ao nível de 1% com a altura dominante na idade de referência foram descartadas.

3.3.6.2 Determinação e comparação de modelos de regressão

A análise de regressão é uma técnica estatística usada para examinar a relação entre uma variável dependente e um conjunto de variáveis independentes (HAIR, 2005).

Esta técnica foi usada para encontrar o modelo de regressão que permite estimar o índice de sítio a partir de um número mínimo de variáveis edáficas. Todavia, foram usados dois métodos, o modelo obtido a partir de método de análise de componentes principais e modelo obtido pelo método *stepwise*.

3.3.6.2.1 Determinação do modelo de regressão usando o método de análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais é semelhante as análises de correlações canônicas, pois envolve a combinação linear de variáveis, baseada na maximização da variância das variáveis observadas. A análise de componentes principais foi executada com base na matriz de correlação através do software *Statgraphics Plus* v.5.1. Para determinar o número de componentes principais retidos na análise se utilizaram dois critérios:

- Critério de Kaiser (KAISER, 1958), que sugere manter na análise as componentes principais correspondentes aos autovalores maiores que 1, se for usada a matriz de correlação;
- E reter o número de componentes principais que acumulem pelo menos certa porcentagem da variabilidade total dos dados, de preferência, acima de 70% (JOHNSON e WICHERN, 1998). Após a seleção das variáveis consideradas

importantes através de análise de componentes principais, estas são submetidas a análise de regressão, com finalidades de gerar um modelo que possa interpretar a relação entre a altura dominante na idade de referência e as variáveis selecionadas.

3.3.6.2.2 Determinação do modelo de regressão usando o método *stepwise*

Além da seleção das variáveis usando o método de componentes principais, neste trabalho foi feita também a seleção das variáveis usando o método de *stepwise*. Este método permite desenvolver o modelo de regressão que maximiza a previsão da altura dominante na idade de referência com menor número de variáveis, eliminando todas as variáveis com menor peso.

3.3.6.2.3 Comparação dos modelos

As equações dos dois modelos obtidos a partir de componentes principais e a partir de *stepwise*, foram comparadas com base na análise de resíduos e com base nas estatísticas de precisão como: coeficiente de determinação e erro padrão da estimativa. Para a análise dos resíduos foi estimado o índice de sítio com base nas variáveis de solos selecionadas e foram calculados os resíduos a partir das alturas dominantes na idade de referência estimadas e altura real. Foram construídos gráficos de resíduos percentual em função da altura dominante na idade de referência estimada, com o objetivo de verificar a sua distribuição ao longo da linha de regressão (HAIR, 2005).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente trabalho consistiu em quatro fases, nomeadamente o teste de modelos; classificação do sítio e mapeamento na área; análise de correlação entre as variáveis edáficas e o índice do sítio e determinação de modelos de regressão. O ajuste de modelos matemáticos teve como objetivo selecionar o modelo que apresente o melhor ajuste de dados de altura dominante em função da idade. O modelo selecionado foi usado para construção da curva guia e posteriormente a classificação do sítio na região de estudo. A análise da correlação entre as variáveis edáficas e biométricas teve como finalidade a identificação de variáveis de solo limitantes ao crescimento da espécie em estudo e a análise de regressão foi aplicada para gerar modelos de regressão que possam predizer o índice de sítio com base em variáveis de solos.

4.1 TESTE DE MODELOS MATEMÁTICOS

O teste de modelos contemplou o ajuste de quatro modelos de classificação de sítio mais usados na área florestal no Brasil, análise gráfica dos resíduos e validação dos modelos.

4.1.1 Ajuste de modelos de classificação de sítio

Os dados utilizados atenderam ao requisito básico da regressão de que haja homogeneidade de variância. Os modelos de Schumacher, Bailey & Clutter, Chapman & Richards e de Prodan foram ajustados com o uso do programa *Solver* do Microsoft Excel, com base em dados de 240 unidades amostrais coletados na área de estudo em povoamento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.

TABELA 3 - COEFICIENTES DE REGRESSÃO DOS MODELOS AJUSTADOS E SUAS ESTATÍSTICAS DE AJUSTE E PRECISÃO

Modelo	Coeficientes de regressão			Estatísticas de ajuste	
	β_0	β_1	β_2	S_{yx} (%)	R^2 aj.(%)
Schumacher	3,52	-7,91	-	8,88	70,25
Bailey & Clutter	-14,22	15,50	-0,04	9,19	65,50
Chapman & Richards	26,55	0,12	1,52	8,79	70,68
Prodan	0,03	0,22	1,47	8,83	70,00

Onde:

β_0 , β_1 e β_2 = Coeficientes de regressão

$S_{yx}\%$ = Erro padrão da estimativa em percentagem

R^2 aj.(%) = Coeficiente de determinação

4.1.2 Análise gráfica dos resíduos

Na análise gráfica dos resíduos foram feitos quatro gráficos dos quais, um para cada modelo. Estes gráficos foram construídos com base nos resíduos observados em percentual, em função da altura dominante estimada tendo como finalidades avaliar a equação apropriada. Para todos os gráficos, a partir da altura dominante estimada de 14 m até 22 m verificou-se uma ligeira superestimação, tendo em conta a presença de mais pontos acima da linha de regressão (FIGURA 7).

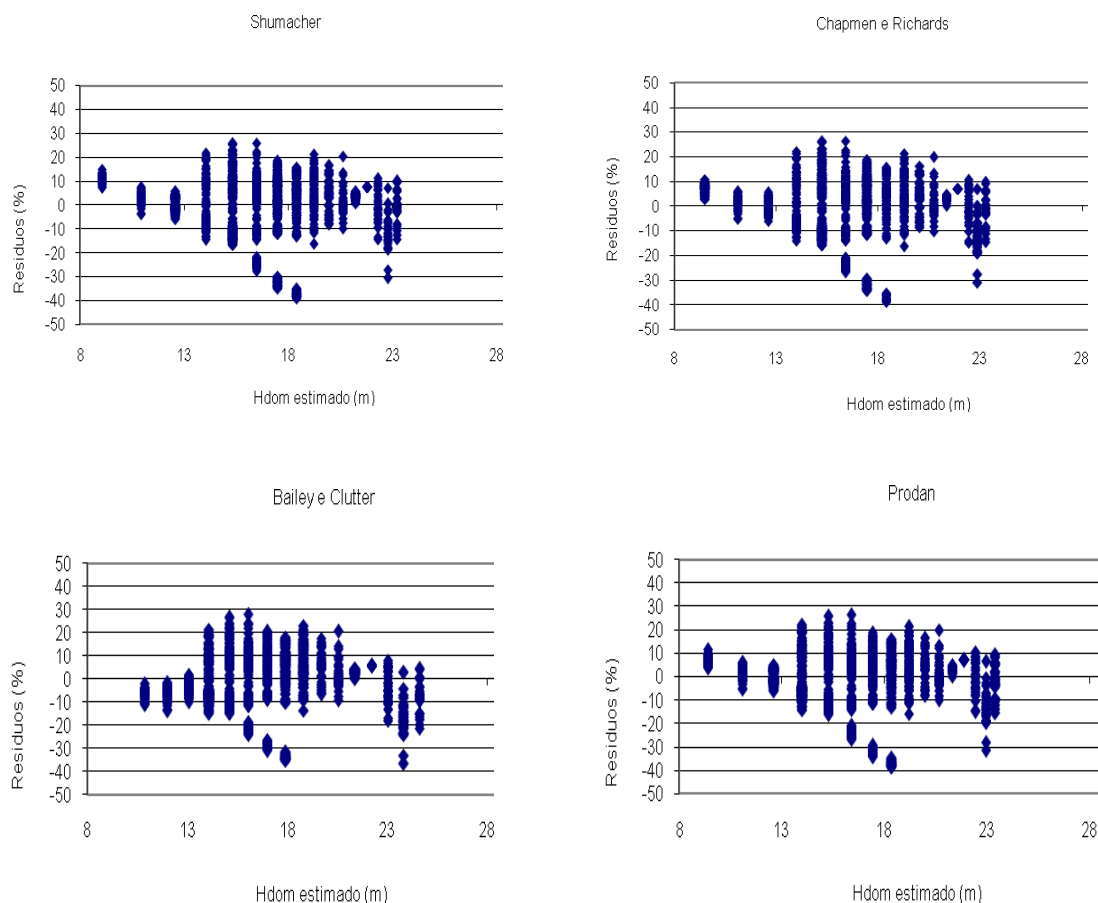


FIGURA 7 - GRÁFICOS DE DISPERSÃO DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DA ALTURA DOMINANTE ESTIMADA PELAS EQUAÇÕES DE SCHUMACHER, CHAPMAN E RICHARDS, BAILEY E CLUTTER E PRODAN

O resultado mostrado nos gráficos da Figura 7, indicou que todos os modelos apresentaram uma estimativa adequada ao longo da linha de regressão. Isto é, os modelos de Schumacher, Chapman & Richards, Bailey & Clutter e de Prodan apresentaram uma semelhança na distribuição dos resíduos e as estimativas foram consideradas boas. Este resultado foi obtido pelo Yoshitani (2009), no trabalho sobre avaliação biométrica e econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina e por Scolforo e Machado (1988b), no trabalho sobre curvas de índice de sítio para *Pinus elliottii* nos estados do Paraná e de Santa Catarina.

4.1.3 Validação dos modelos de classificação de sítio

Segundo mostra a Tabela 4, os valores calculados de χ^2 para todos os modelos são menores que os seus respectivos valores tabelados, ao nível de 95% de probabilidade. Isso indica que não existem diferenças significativas entre as alturas dominantes reais e estimados, sendo as equações válidas para a região de estudo.

TABELA 4 - DADOS DO QUI-QUADRADO TABELADO E CALCULADO

Modelo	<i>P</i>	GL	χ^2 tab	χ^2 calc
Schumacher	0,05	29	42,56	4,31
Bailey & Clutter	0,05	29	42,56	1,78
Chapman & Richards	0,05	29	42,56	4,21
Prodan	0,05	29	42,56	2,14

Onde: *P*- Probabilidade, GL- Grau de liberdade, χ^2 tab – valor de Qui-quadrado tabelado, χ^2 calc – valor de Qui-quadrado calculado

4.1.4 Seleção do melhor modelo

Após o teste através de ajuste, análise gráfica dos resíduos, e a validação dos modelos, o que apresentou melhor ajuste foi o modelo de Chapman & Richards, pois, apresentou o coeficiente de determinação (R^2 %) maior comparando com outros modelos testados e menor erro padrão de estimativa de 70,68 % e 8,79 %, respectivamente. Resultado similar foi obtido por Scolforo & Machado (1988a), estudando *Pinus taeda* L. nos Estados do Paraná e Santa Catarina; também foi um dos modelos que apresentou melhores resultados no estudo de Scolforo (1992), sobre Curvas de Índice de Sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e foi também o modelo selecionado por Yoshitani (2009), trabalhando na avaliação biométrica e econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina

4.2 CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO FLORESTAIS COM BASE NO MODELO SELECIONADO

Neste trabalho foi adotado como idade índice ou idade de referência a idade de 20 anos, tendo em conta que esta, se aproxima a idade de rotação silvicultural do *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. O índice de sítio nesta idade de referência, para a curva guia é de 23 m, determinado a partir do modelo selecionado. Devido a pequena variabilidade das alturas dominantes e as características dos povoamentos, foram definidas três classes de sítio. Os índices de sítio III e II, apresentaram limite superior de altura dominante de 21 m e 25 m respectivamente, enquanto que o sítio I, que apresenta melhor desenvolvimento das árvores teve um limite superior de 29 m na idade de referência de 20 anos. Na Tabela 5 são apresentados os limites para cada classe de sítio e graficamente, as curvas de sítio são apresentadas na Figura 8.

TABELA 5 - LIMITES DE CLASSE DE SÍTIO

Idade (anos)	III		II		I	
	Inferior (m)	Superior(m)	Inferior(m)	Superior(m)	Inferior(m)	Superior(m)
1	0,70	0,85	0,85	1,04	1,04	1,19
2	1,84	2,24	2,24	2,75	2,75	3,15
3	3,14	3,82	3,82	4,68	4,68	5,36
4	4,48	5,44	5,44	6,67	6,67	7,63
5	5,79	7,04	7,04	8,63	8,63	9,88
6	7,05	8,58	8,58	10,51	10,51	12,03
7	8,25	10,02	10,02	12,29	12,29	14,07
8	9,36	11,37	11,37	13,94	13,94	15,96
9	10,38	12,62	12,62	15,47	15,47	17,71
10	11,33	13,77	13,77	16,88	16,88	19,32
11	12,18	14,81	14,81	18,16	18,16	20,79
12	12,97	15,76	15,76	19,32	19,32	22,12
13	13,67	16,62	16,62	20,38	20,38	23,33
14	14,31	17,40	17,40	21,33	21,33	24,42
15	14,89	18,10	18,10	22,19	22,19	25,40
16	15,41	18,73	18,73	22,96	22,96	26,29
17	15,87	19,30	19,30	23,66	23,66	27,08
18	16,29	19,81	19,81	24,28	24,28	27,79
19	16,67	20,26	20,26	24,83	24,83	28,43
20	17,00	21,00	21,00	25,00	25,00	29,00
21	17,30	21,03	21,03	25,78	25,78	29,51
22	17,57	21,35	21,35	26,18	26,18	29,97
23	17,80	21,64	21,64	26,53	26,53	30,37
24	18,02	21,90	21,90	26,85	26,85	30,73
25	18,21	22,13	22,13	27,13	27,13	31,06
26	18,38	22,34	22,34	27,38	27,38	31,35
27	18,53	22,52	22,52	27,61	27,61	31,60
28	18,66	22,68	22,68	27,81	27,81	31,83
29	18,78	22,83	22,83	27,98	27,98	32,03
30	18,88	22,96	22,96	28,14	28,14	32,22

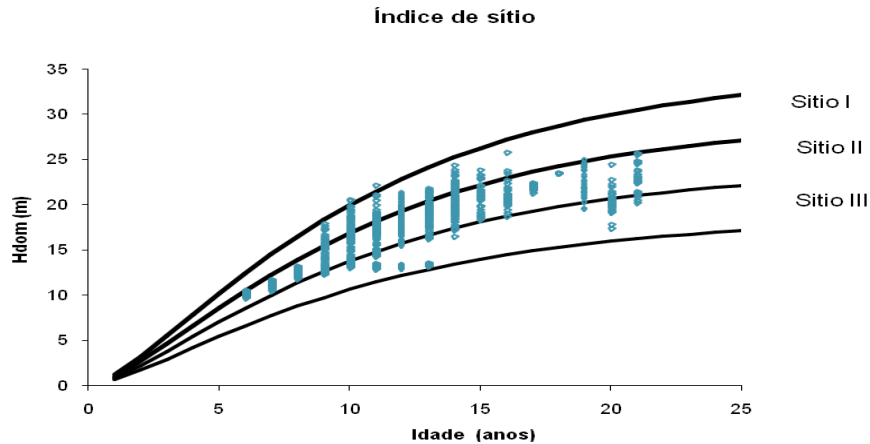


FIGURA 8 - CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO

Segundo mostra a Figura 8, a área com o índice de produtividade classificada como sítio II apresentou maior número de parcelas em relação ao índice I e muito poucas parcelas para o índice de sítio III como mostra a classificação de sítio de cada parcela no Anexo 1.

4.3 MAPEAMENTO DAS PROPRIEDADES COM BASE NO ÍNDICE DE SÍTIO E NO MODELO SELECIONADO

A espacialização da área foi feita com base nos valores da altura dominante transformados para a idade de referência segundo a seguinte equação.

$$S = H_{dom} \left[1 - \exp(-\beta_2 * I) \right] / \left[1 - \exp(-\beta_2 * I_{ref.}) \right]^{(1/(1/\beta_3))} \quad (7)$$

Onde:

S - altura dominante na idade de referência.

β_2 e β_3 - coeficientes de regressão

$I_{ref.}$ - Idade de referência (anos)

I - Idade (anos)

Os mapas de espacialização das fazendas em estudo estão apresentados nas Figuras 9, 10, 11, 12 e 13. Segundo mostram estas figuras, a maior área estabelecida de plantações nesta região é classificada como sítio II e pequenas áreas para as classes de sítio I e III. Nas propriedades Salto e Ponte I e II e Vertente Grande foi observada as três classes de sítio com predominância do sítio II. Nas propriedades Salto e ponte III, Buriti dos Bois e Jussara de Minas não foi observada a classe de sítio III, tendo sido observada a classe de sítio I e II com maior predominância a classe II.

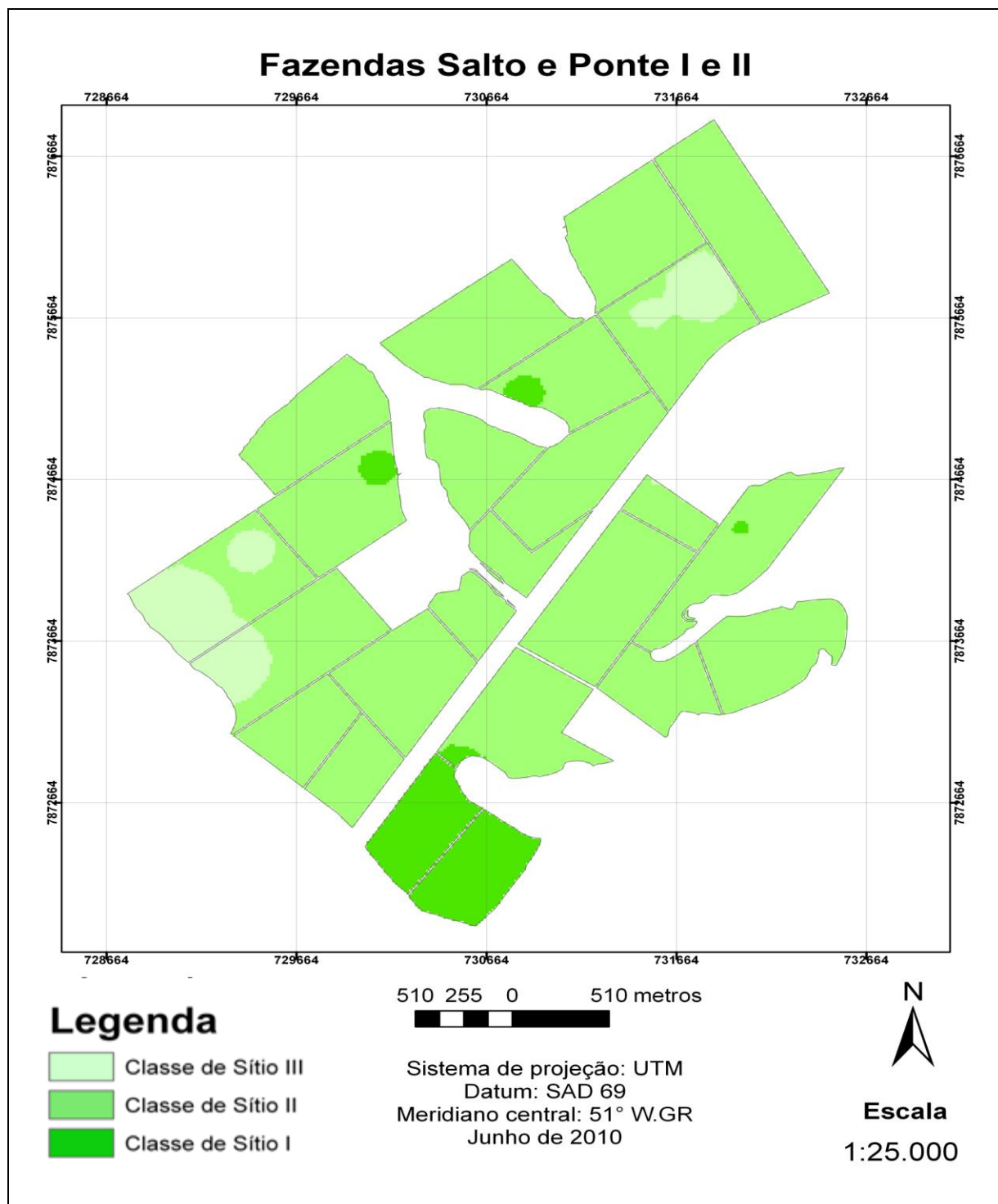


FIGURA 9 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NAS FAZENDAS SALTO E PONTE 1 E 2

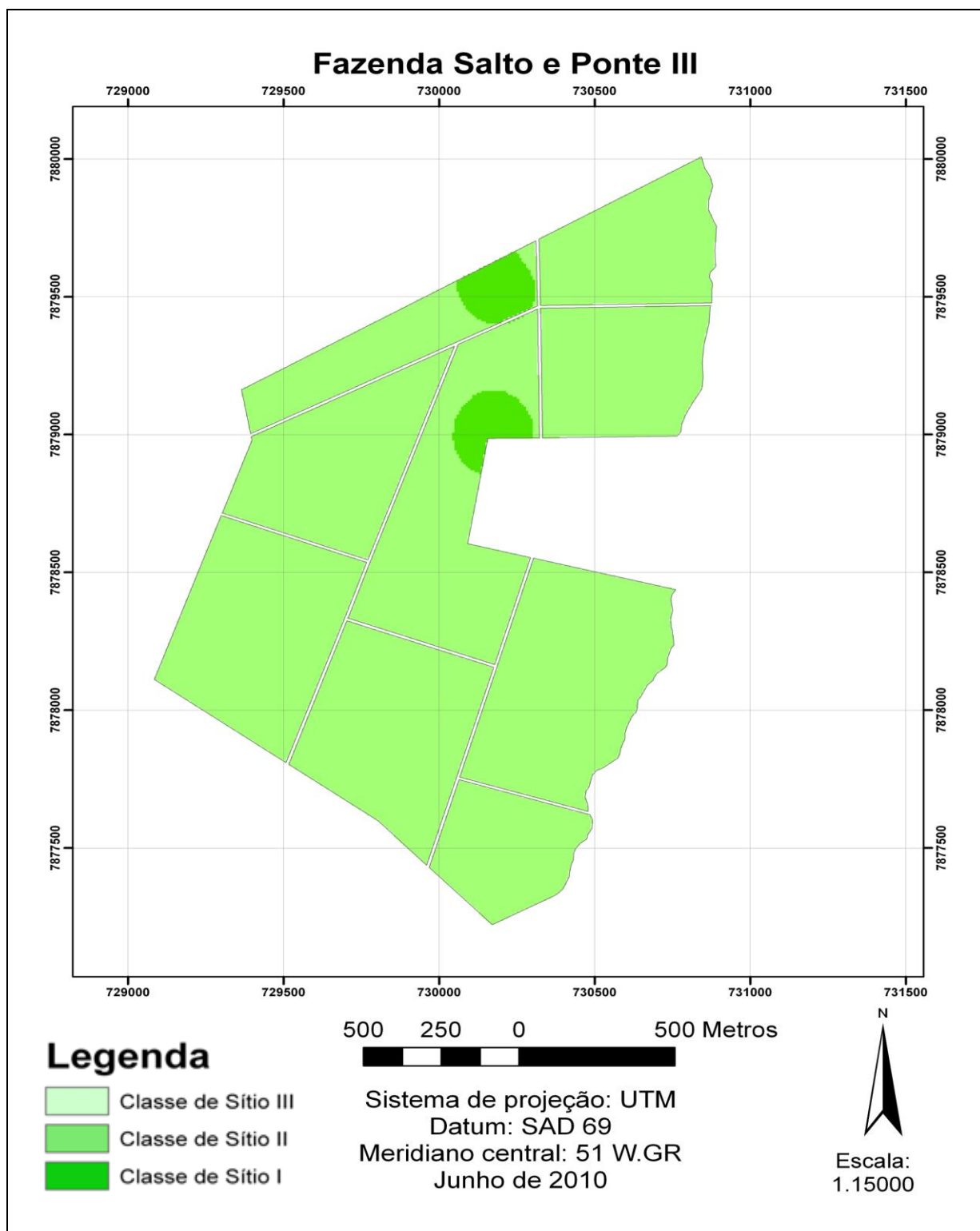


FIGURA 10 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA SALTO E PONTE 3

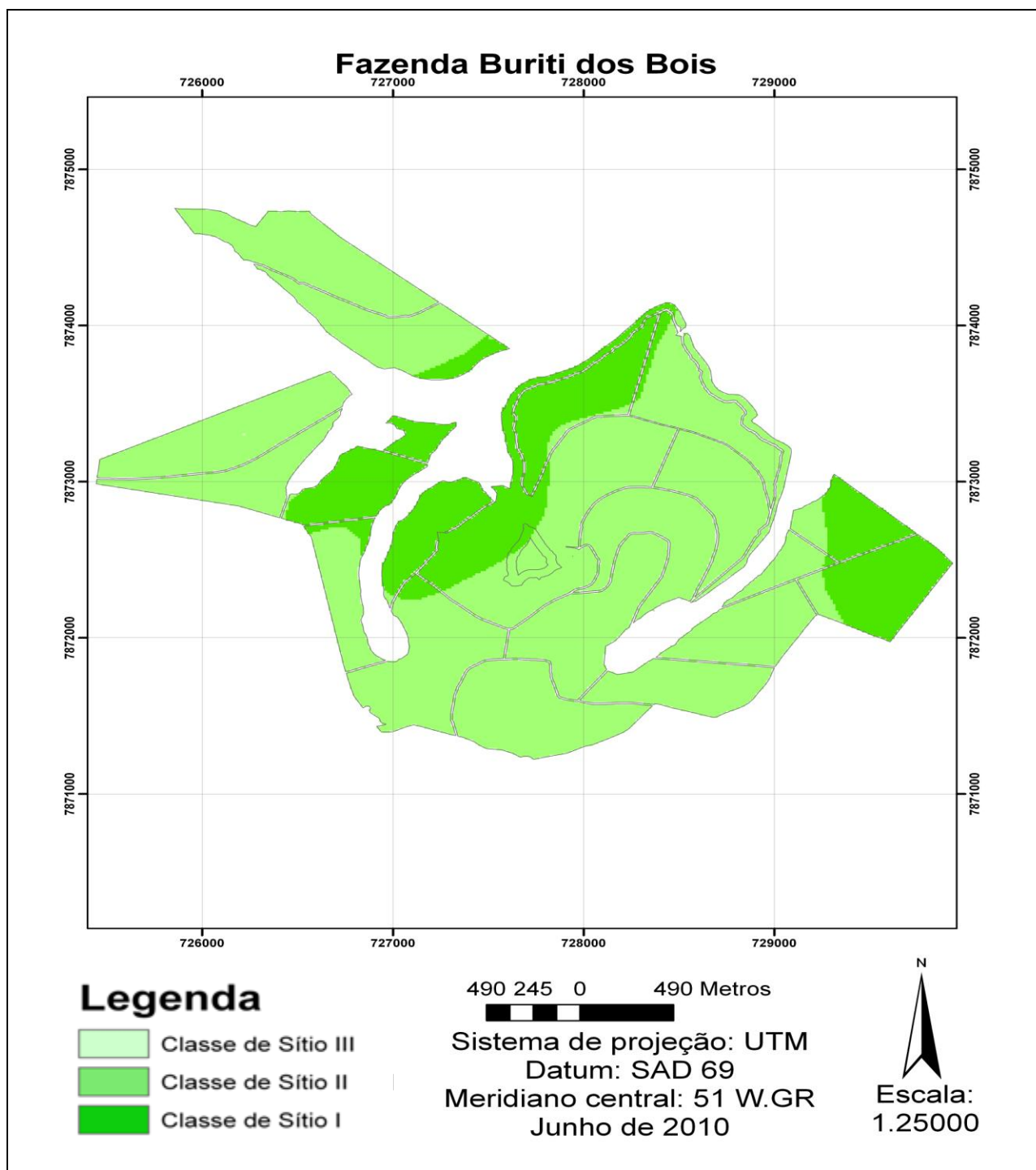


FIGURA 11 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA BURITI DOS BOIS

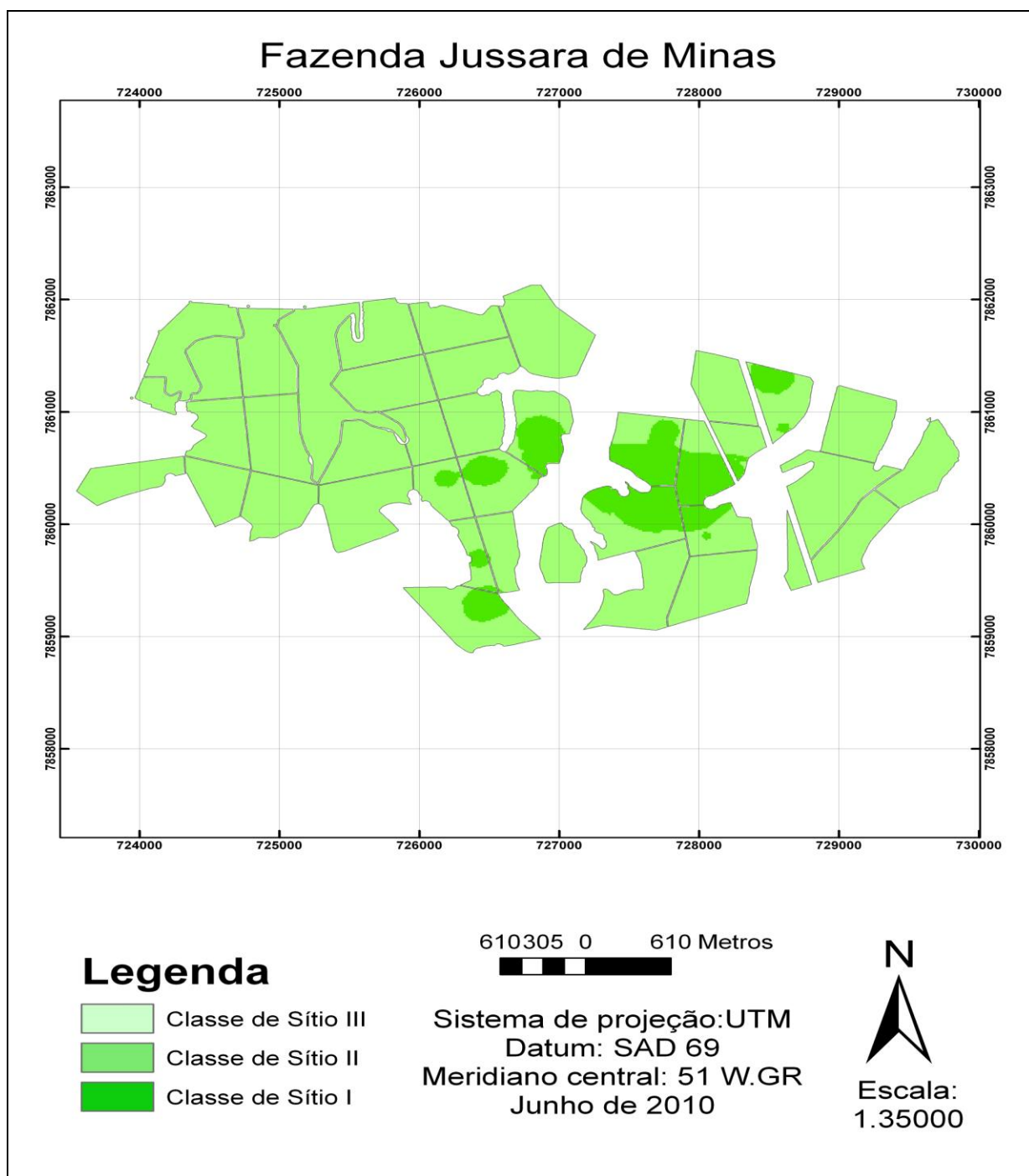


FIGURA 12 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA JUSSARA DE MINAS

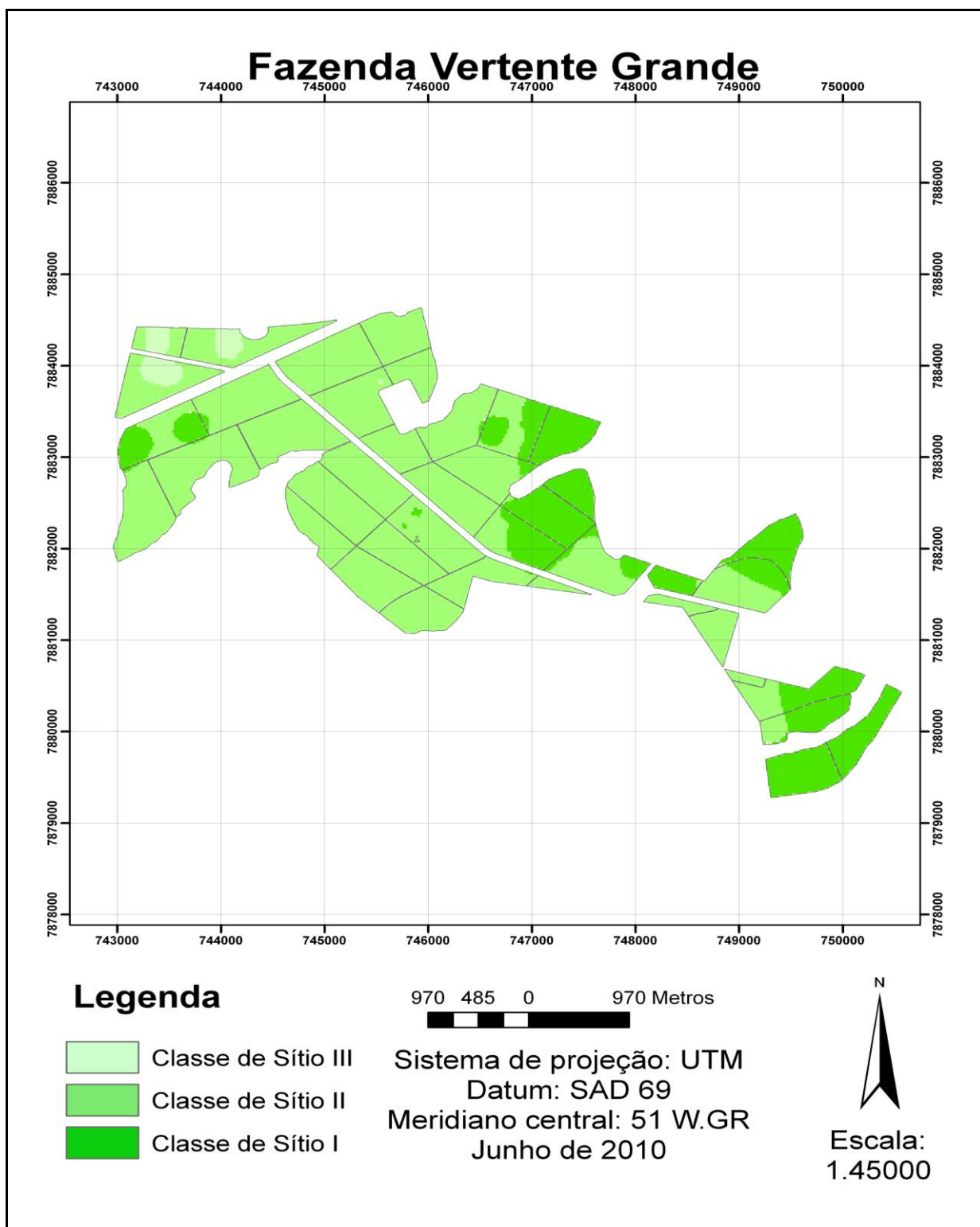


FIGURA 13 - MAPA DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE DE SÍTIO NA FAZENDA VERTENTE GRANDE

4.3.1 Importância prática da classificação do sítio

De acordo com Bognola (2007), a estimativa do índice de sítio numa empresa florestal é muito importante por diversas razões; das quais, destacam-se aquelas ligadas ao setor de planejamento e colheita florestal. Portanto, a definição de “unidades de manejo” baseada numa silvicultura de precisão pode, na maior parte dos casos, contribuir de forma adequada no alcance dos seus objetivos desejados. Todavia, além destas razões, existem ainda várias que interessam às empresas florestais, tais como:

- diminuição dos custos com a manutenção e processamento da rede de parcelas permanentes, denominadas de “parcelas de inventário florestal contínuo” que são significativos, tanto para as avaliações efetuadas durante o desenvolvimento da floresta, quanto nos inventários pré-corte;

- após o trabalho de definição das unidades de manejo, que visa identificar áreas com mesma capacidade produtiva, interessa às empresas como avaliar suas características, no sentido de fornecer subsídios para a definição de técnicas de manejo mais apropriadas a cada situação, considerando os aspectos de sustentabilidade da produção e maximização da rentabilidade da atividade florestal, em vista de algumas unidades de manejo apresentarem produtividades bem abaixo do esperado para uma silvicultura de precisão.

Neste caso, a prática de uma silvicultura moderna requer como requisito básico, o conhecimento do meio físico e um tratamento adequado do solo, bem como da melhoria de suas características limitantes, o que implica na melhor utilização de cada “UM” de acordo com a sua capacidade de sustentação e produtividade econômica. Genericamente, o manejo florestal trata do estudo, do desenvolvimento e da aplicação de técnicas de condução de plantios florestais, visando a qualidade e a produtividade de madeira com características desejáveis pelos clientes. Assim, a definição de práticas de manejo florestal deve levar em consideração os aspectos que interferem na manutenção e na melhoria da capacidade produtiva dos solos, bem como na maximização da rentabilidade da atividade.

4.4 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO DE PARÂMETROS BIOMÉTRICOS E EDÁFICOS

Neste parágrafo são descritas técnicas de estatística multivariada empregadas no presente estudo, como a “matriz de correlação, análise das componentes principais (ACP) e o uso do método de *stepwise*” para tentar-se reduzir o número das variáveis, como pode ser verificado no amplo rol de características químicas do solo e das variáveis de crescimento de árvores de *Pinus* analisadas no estudo no sentido de melhor compreensão dos fenômenos correlacionados.

4.4.1 Correlação entre as variáveis de solos e variáveis biométricas

A matriz de correlação permite identificar subconjuntos de variáveis que estão muito correlacionadas entre si no interior de cada subconjunto, mas pouco associados a variáveis de outros subconjuntos.

A correlação foi analisada entre as 16 variáveis edáficas e de altura dominante na idade de referência, com a finalidade de verificar a associação entre estas variáveis. As variáveis edáficas foram obtidas em amostras de solos analisados numa camada superficial de 0 a 20 cm; veja os dados no Anexo 2.

Neste trabalho a correlação significativa foi determinada com base no valor de probabilidade ao nível de significância de 5%. Portanto a correlação a partir de 0,20 para diante mostrou, uma probabilidade abaixo de 0,05, o que significa que neste intervalo a correlação é significativa (TABELA 6).

TABELA 6 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE SOLOS E VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

	S	pH	Índice SMP	Al+3	H+Al	Ca +2	Mg+2	K +	Soma de Bases	CTC ef	CTC pH 7,0	ARGILA	P (Mehlich-1)	CARB.ORG	SAT. P. Bases	S.POR AL	R.Ca/Mg
S	1,00																
pH	0,02 0,81	1,00															
Í. SMP	0,23 0,02	0,35 0,00	1,00														
Al+3	-0,26 0,01	-0,72 0,00	-0,62 0,00	1,00													
H+Al	-0,22 0,03	-0,31 0,00	-0,97 0,00	0,61 0,00	1,00												
Ca+2	0,03 0,75	0,78 0,00	0,36 0,00	-0,59 0,00	-0,33 0,00	1,00											
Mg+2	0,11 0,28	0,74 0,00	0,36 0,00	-0,59 0,00	-0,34 0,00	0,93 0,00	1,00										
K +	0,06 0,51	0,21 0,03	-0,15 0,12	-0,05 0,56	0,15 0,14	0,41 0,00	0,40 0,00	1,00									
S. de Bases	0,06 0,53	0,77 0,00	0,35 0,00	-0,59 0,00	-0,32 0,00	0,99 0,00	0,98 0,00	0,44 0,00	1,00								
CTC efe	-0,12 0,24	0,41 0,00	-0,03 0,76	0,02 0,85	0,05 0,59	0,78 0,00	0,77 0,00	0,51 0,00	0,80 0,00	1,00							
CTC pH 7	-0,18 0,07	0,18 0,07	-0,76 0,00	0,25 0,01	0,81 0,00	0,28 0,00	0,27 0,01	0,42 0,00	0,29 0,00	0,55 0,00	1,00						
Argila	-0,14 0,16	0,05 0,63	-0,30 0,00	0,12 0,24	0,30 0,00	0,20 0,04	0,19 0,05	0,24 0,01	0,20 0,03	0,34 0,00	0,42 0,00	1,00					
P (Meh-1)	0,23 0,02	-0,01 0,89	0,09 0,33	-0,13 0,20	-0,07 0,46	0,17 0,08	0,24 0,01	-0,00 0,10	0,20 0,04	0,16 0,11	0,05 0,59	-0,21 0,03	1,00				
Car. Org	-0,01 0,90	0,06 0,51	-0,46 0,00	0,07 0,49	0,45 0,00	0,02 0,85	0,05 0,62	0,26 0,01	0,04 0,67	0,10 0,29	0,48 0,00	0,38 0,00	0,03 0,76	1,00			
Sat./ Bases	0,10 0,31	0,80 0,00	0,52 0,00	-0,68 0,00	-0,49 0,00	0,95 0,00	0,95 0,00	0,30 0,00	0,96 0,00	0,68 0,00	0,11 0,27	0,12 0,23	0,20 0,04	-0,08 0,43	1,00		
Sat./Al	-0,13 0,18	-0,81 0,00	-0,49 0,00	0,80 0,00	0,47 0,00	-0,88 0,00	-0,86 0,00	-0,25 0,01	-0,88 0,00	-0,49 0,00	-0,07 0,47	-0,10 0,29	-0,16 0,10	0,04 0,70	-0,94 0,00	1,00	
R.Ca/Mg	-0,04 0,72	0,01 0,88	0,13 0,17	-0,01 0,96	-0,09 0,37	0,18 0,06	-0,15 0,13	-0,06 0,55	0,03 0,73	0,04 0,70	-0,07 0,49	0,01 0,90	-0,10 0,32	-0,16 0,09	0,06 0,57	-0,07 0,48	1,00

Correlação, Valor de P

Como foi referenciado anteriormente, a correlação significativa foi observada a partir de probabilidade abaixo de 0,05. Nestes termos, o índice de sítio obteve uma correlação significativa entre algumas variáveis de solos tais como: Índice de SMP, Al^{3+} , $\text{H}+\text{Al}$ e $\text{P}(\text{Mehlich-1})$ com probabilidade de 0,02; 0,01; 0,03 e 0,02 respectivamente. Portanto, estas variáveis de solos são consideradas de fatores limitantes ao crescimento em altura de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Prata em Minas Gerais. No entanto, Carvalho, *et al.* (1999), estudando o efeito de características de solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*, encontrou variáveis de solos que se correlacionam com altura dominante diferentes aos encontrados neste trabalho, tais como o pH, carbono orgânico, Ca^{2+} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$. Hope (1980), no seu trabalho sobre relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados de crescimento de *Araucaria angustifolia* Bert O. Ktze. na floresta nacional de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, encontrou uma correlação entre variáveis P, K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , e Mn^{2+} e a variável altura total.

Esta diferença entre os resultados obtidos neste trabalho e os resultados encontrados nas outras regiões, mostra que os fatores limitantes no crescimento de espécies podem variar de local para local.

Segundo mostra a Tabela 6, nem todas as variáveis de solos são correlacionadas entre si, portanto a variável pH não mostrou correlação entre, CTC pH 7, argila, $\text{P}(\text{Mehlich-1})$ carbono orgânico e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

As variáveis Índice de SMP e variável $\text{H}+\text{Al}$ não obtiveram correlação entre variáveis de solo K^+ , CTC efetiva, argila, $\text{P}(\text{Mehlich-1})$ e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

A variável Al^{3+} não obteve correlação entre variáveis do solo K^+ , CTC efetiva, argila, $\text{P}(\text{Mehlich-1})$, carbono orgânico e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

Por sua vez a variável Ca^{2+} não teve correlação com $\text{P}(\text{Mehlich-1})$, carbono orgânico e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

A variável Mg^{2+} não se correlacionou com as variáveis argila, carbono orgânico e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

P (Mehlich-1), não teve correlação entre o pH, índice de SMP, Al^{3+} , $\text{H}+\text{Al}$, Ca^{2+} , K^+ , CTC efetiva, CTC pH 7, saturação por bases e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

CTC a pH 7 não obteve correlação entre variáveis pH, P(Mehlich-1), saturação de bases, saturação por alumínio e relação $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$.

4.5 DETERMINAÇÃO DE MODELOS DE REGRESSÃO

A regressão foi usada para encontrar a equação que permite estimar a índice de sítio a partir de variáveis de solo. Todavia, foram usados dois métodos, o modelo obtido a partir do método de componentes principais e pelo modelo obtido a partir do método *stepwise*.

4.5.1 Análise de componentes principais

Procurou-se fazer a análise de componentes principais para os dados das 16 variáveis explicativas de amostras de solos, obtidas na área das cinco fazendas em estudo.

Os componentes principais apresentaram auto-valores que variaram de 0 a 7,006 (TABELA 7). Verificou-se, ainda, por esta tabela que somente os quatro primeiros componentes apresentaram auto-valores superiores a 1 e, ao mesmo tempo, elas explicam 81,635 % da variação total. Isto significa que as 16 variáveis explicativas estudadas podem ser substituídas por estas quatro componentes, com perda de apenas 18,365 % de informação. Assim, para cada componente, a variável, ou grupo de variáveis com maiores coeficientes absolutos foram destacadas como as mais importantes até o quarto. Elas praticamente dispensam o uso das demais variáveis inicialmente avaliadas. As variáveis de solos extraídas através de análise de componentes principais estão apresentadas na Tabela 8.

TABELA 7 - AUTOVALORES E COMPONENTES PRINCIPAIS EXTRAÍDAS

Nr. comp	Auto-valores	Var. relativa.	Var. Cumulativa%
1	7,00605	43,788	43,788
2	3,72349	23,272	67,060
3	1,22773	7,673	74,733
4	1,10441	6,903	81,635
5	0,86591	5,412	87,047
6	0,71454	4,466	91,513
7	0,67771	4,236	95,749
8	0,38468	2,404	98,153
9	0,15426	0,964	99,117
10	0,08044	0,503	99,620
11	0,04004	0,250	99,871
12	0,01321	0,083	99,953
13	0,00745	0,047	100,000
14	0,00002	0,000	100,000
15	0,00002	0,000	100,000
16	0,00002	0,000	100,000

TABELA 8 - AUTO-VETORES DAS QUATRO COMPONENTES PRINCIPAIS DAS CARACTERÍSTICAS DE SOLO

Variáveis	C. P. 1	C. P. 2	C. P. 3	C. P. 4
pH	0,3134	-0,0005	-0,0564	-0,2671
Índice SMP	0,1905	-0,4183	-0,0454	0,0199
Al ³⁺	-0,2712	0,2099	-0,0860	0,3778
H+Al	-0,1802	0,4245	0,0337	0,0155
Ca ²⁺	0,3646	0,0814	-0,0950	0,1176
Mg ²⁺	0,3608	0,0840	0,1301	0,0095
K ⁺	0,1399	0,2632	-0,0166	0,0523
Soma de bases	0,3686	0,0937	0,0038	0,0720
CTC efetiva	0,2531	0,2737	-0,0601	0,3722
CTC a pH 7	0,0472	0,4872	0,0361	0,0604
Argila	0,0481	0,2979	-0,3363	-0,2463
P (Mehlich-1)	0,0743	-0,0119	0,6455	0,4418
Carbono org.	-0,0121	0,3186	0,1589	-0,4386
Satura/bases	0,3737	-0,0114	0,0074	0,0425
Satura/ alumínio	-0,3556	0,0405	0,0101	0,1178
Relação Ca ²⁺ /Mg ²⁺ .	0,0193	-0,0651	-0,6322	0,3964

Onde: C.P.- componentes principais

As variáveis que apresentaram maior valor absoluto nas quatro componentes principais foram saturação por bases, P(Mehlich-1) e CTC a pH 7. Assim, estas variáveis foram identificadas como as mais importantes (TABELA 8).

4.5.2 Análise de regressão com base nas variáveis de solo selecionadas por componentes principais

A análise de regressão destas três variáveis sobre o índice de sítio, resultaram na seguinte equação:

$$S = 21,3323 + 0,022016 * \text{Saturação por bases} + 0,631923 * P \text{ (Mehlich-1)} - 0,537908 * \text{CTC a pH 7} \quad (8)$$

A equação do modelo proposto através da análise de regressão é apropriada para relacionar o índice de sítio e as cinco variáveis de solo consideradas importantes, pois o valor de P da tabela de Anova é de 0,0163. Portanto, quando o valor de P for menor que 0,10 ao nível de significância de 90%, então existe relação estatisticamente significativa entre as variáveis em análise (TABELA 9). O coeficiente de determinação e o erro padrão da estimativa foi de 6,88% e de 2,11% respectivamente.

TABELA 9 - TESTE DE SIGNIFICÂNCIA DO MODELO GERADO A PARTIR DE VARIÁVEIS OBTIDAS DE COMPONENTES PRINCIPAIS

F.V.	GL	SQ	QME	Valor de F	Valor de P
Modelo	3	48,043	16,014	3,59	0,0163
Resíduo	102	455,305	4,464		
Total	105	503,349			

Onde: FV- fonte de variação, GL- graus de liberdade, SQ- soma dos quadrados

TABELA 10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SIGNIFICÂNCIA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO POR COMPONENTES PRINCIPAIS

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	<i>t-Student</i>	Valor - <i>P</i>
Constante	21,3320	1,5120	14,1060	0,0000
Satura/ bases	0,0220	0,0280	0,7820	0,4350
P (Mehlich-1)	0,6310	0,2670	2,3630	0,0200
CTC a pH 7	-0,5370	0,2570	-2,0900	0,0390

Segundo mostra a estatística de *t-student* sobre a análise de significância dos coeficientes, a variável de solos saturação por bases apresentou uma probabilidade de 0,435 o que significa que esta variável não é significativa no modelo por isso pode ser removido do modelo (TABELA 10).

4.5.3 Análise de regressão com base em *stepwise*

Usando o modelo gerado através de *stepwise*, foram mantidas seis variáveis no modelo nomeadamente, Al^{3+} , Ca^{2+} , Soma de bases, CTC efetiva, P (Mehlich-1) e Relação Ca^{2+}/Mg^{2+} . Portanto segundo o *stepwise*, o modelo de regressão sobre o índice de sítio e as variáveis de solo resultou na seguinte equação.

$$S = 18,666 - 156,215 \cdot Al^{3+} - 25,8343 \cdot Ca^{2+} - 140,25 \cdot \text{Soma de bases} + 153,56 \cdot \text{CTC efetiva} + 0,554066 \cdot P \text{ Mehlich1} + 2,0359 \cdot \text{Relação } Ca^{2+}/Mg^{2+} \quad (9)$$

Segundo o teste de significância do modelo, esta equação é apropriada para relacionar o índice de sítio e as variáveis de solo mantidas, pois o valor de *P* da tabela de ANOVA é de 0,0001. O que significa que, quando o valor de *P* for menor que 0,01 ao nível de significância de 99%, então existe relação estatisticamente significativa entre as variáveis em análise (TABELA 11). O coeficiente de determinação ajustado e o erro padrão da estimativa foi de 20,18 % e 1,96 % respectivamente.

TABELA 11 - TESTE DE SIGNIFICÂNCIA DO MODELO GERADO A PARTIR DE *STEPWISE*

FV	GL	SQ	QME	Valor de F	Valor de <i>P</i>
Modelo	6	124,576	20,7627	5,43	0,0001
Resíduo	99	378,773	3,82599		
Total	105	503,349			

Onde: FV- fonte de variação, GL- graus de liberdade, SQ- soma dos quadrados

TABELA 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SIGNIFICÂNCIA DOS COEFICIENTES DE REGRESSÃO POR *STEPWISE*

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão	<i>t-Student</i>	Valor- <i>P</i>
Constante	18,6660	1,5210	12,2740	0,0000
Al ³⁺	-156,2150	65,5600	-2,3820	0,0191
Ca ²⁺	-25,8340	8,4770	-3,0470	0,0030
Soma de bases	-140,2500	66,0290	-2,1240	0,0362
CTC efetiva	153,5600	65,5460	2,3420	0,0210
P (Mehlich-1)	0,5540	0,2520	2,1930	0,0306
Relação Ca ²⁺ /Mg ²⁺	2,0450	0,7730	2,6310	0,0098

No que se refere aos coeficientes do modelo obtido por *stepwise* a estatística de *t-student* sobre a análise de significância de todas as variáveis de solos são satisfatórias pois apresentam uma probabilidade abaixo de 0,05 o que significa que estas variáveis são significativas no modelo (TABELA12).

4.6 COMPARAÇÃO DE MODELOS DE REGRESSÃO OBTIDOS A PARTIR DE COMPONENTES PRINCIPAIS E DE *STEPWISE*

A comparação dos modelos foi feita com base nas estatísticas de precisão coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e análise de resíduos. Os coeficientes de determinação ajustados foram de 5,13 % e 20,18 % para os modelos obtidos por análise multivariada e pelo *stepwise* respectivamente. E os erros padrão da estimativa foram de 2,13 % e 1,96 %. Para a análise multivariada e pelo *stepwise* respectivamente.

Os gráficos de resíduos obtidos a partir do modelo de índice de sítio estimado através de componentes principais e dos resíduos obtidos por método de *stepwise* estão apresentados na Figura 14.

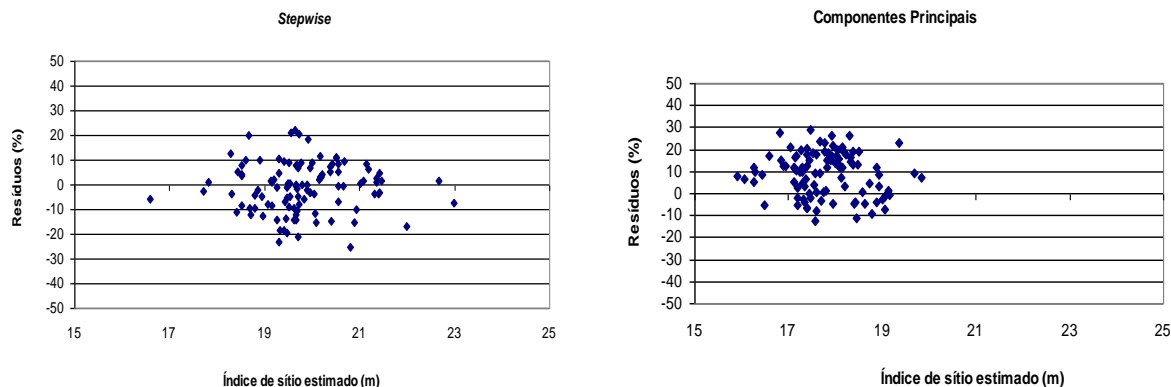


FIGURA 14 - GRÁFICOS DE DISPERSÃO DE RESÍDUOS EM FUNÇÃO DO ÍNDICE DE SÍTIO ESTIMADO PELO *STEPWISE* E PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS

Segundo mostram os gráficos da Figura 14, o modelo de regressão obtido a partir do método de *stepwise* apresentou uma estimativa adequada ao longo da linha de regressão, contrariamente ao modelo obtido por componentes principais que apresentou uma tendência com os pontos concentrados entre as alturas de 16 a 20 m. E ainda o modelo obtido a partir de *stepwise* apresentou um coeficiente de determinação maior relativamente ao modelo obtido por análise das componentes principais e um menor erro padrão da estimativa, o que se conclui que este modelo apresentou melhor ajuste dos dados.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após a análise dos resultados do trabalho, para condições do presente estudo, foram obtidas as seguintes conclusões e recomendações:

- O melhor modelo para a construção da curva guia foi o de Chapman & Richards.
- A área foi categorizada em três classes de sítio com maior predominância do sítio II.
- As plantações de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* estabelecidas na região de Prata em Minas Gerais não estão localizadas no mesmo sítio florestal.
- As variáveis Índice de SMP, Al^{3+} , H+Al e P (Mehlich-1) foram fatores de solo limitantes no crescimento de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* na região de Prata.
- O modelo de regressão obtido a partir de método de *stepwise* apresentou o melhor comportamento na predição do índice de sítio.
- Neste trabalho recomenda-se continuar a tomar-se medidas anuais de alturas dominantes e co-dominantes das parcelas estudadas, com vista a observar o comportamento futuro da espécie.
- Recomenda-se estudos da mesma natureza com amostras de solos que são coletadas na mesma área das parcelas permanentes.
- Recomenda-se fazer a análise da espacialização da área usando outros métodos de interpolação.
- Recomenda-se à empresa Faber-Castell o uso dos resultados obtidos neste trabalho para o planejamento da sua produção.

6 REFERÊNCIAS

ALEMDAG, I. S. National site index and height-growth curves for white spruce growing in natural stands in Canada. **Canadian J. for. Res.**, v. 21, p.1466-1474, 1991.

BATISTA, J. L. F ; COUTO, H. T. Z. Escolha de modelos matemáticos para construção de curvas de índice de sítio para florestas implantadas de *Eucalyptus sp.* no estado de São Paulo. **IPEF**, Piracicaba, v. 32, p.33-42, 1986.

BOGNOLA, I. A. **Unidades de manejo para *Pinus taeda* L. no planalto norte catarinense, com base em características do meio físico.** p.160. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2007.

BOLFE, E. L.; GOMES, J. B. V.; FONTES, H. R. **Variabilidade espacial de atributos do solo como subsídio para produção integrada de frutas em perímetro irrigado no nordeste do Brasil.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis, Brasil. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>> Acesso em: 10/05/2010.

BOSCATTO, F.; PROCHNOW, R. M.; OLIVEIRA, F. H. Utilização do sistema de informação geográfica- SIG como apoio ao planejamento legal da Malacocultura. **XXII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro de 21 a 24 de Outubro de 2007.** Rio de Janeiro. p.1678-1686, 2007.

BROWN; LOEWENSTEIN. **Predicting site productivity of mixed conifer stands Northern Idaho from soil and topographic variables.** Soil. Sci. Soc. Am J., Madison, 967-971, 1978.

CÂMARA, G; MONTEIRO, A. V. M.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. **Análise espacial e geoprocessamento.** Disponível em; < WWW.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1.intro.pdf >. Acesso em: 15/08/2010.

CAMPOS, J. C. C.; TORQUATO, M. C.; RIBEIRO, G. A. Equações para calcular índices de local e incremento da altura em plantações puras de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 9, n. 1, p.1-9, 1985.

CAO, Q.V. ; DURAND, K.M. Site index curves for eastern in the lower Mississippi Delta. **South J. Appl. For.**, v. 15, n. 1, p. 28-30, 1991.

CARVALHO, A. P.; MENEGOL, O.; OLIVEIRA, E. B.; MACHADO, S. A.; POTTER, R. O.; FASOLO, P. J.; TERREIRA, C. A.; BARTOSZECK, A. Efeitos de características do solo sobre a capacidade produtiva de *Pinus taeda*. **Boletim de Pesquisa Florestal.** Colombo, n. 39, p.51-66, 1999.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P.M.; VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, p. 1151-1159, v. 37, nº 8, 2002.

CASSOL, C. I. A. **Relações entre características do solo, crescimento e produtividade em povoamento implantado de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O.Ktze., em Passo Fundo – RS.** p.84. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1982.

CONCEIÇÃO, M. B. **Comparação de métodos de estimativa de volume em diferentes idades em plantações de *Eucalyptus grandis* Hill ex - Maiden.** p.139. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2004.

CONTRERAS, A. H. **As causas subjacentes do desmantamento e da degradação florestal.** Disponível em: < [www. Wrm. Org. Uy/deforestation/cifor.htm](http://www.Wrm.Org.Uy/deforestation/cifor.htm)>. Acesso em: 16/06/2010.

COUTO, H. T. Z.; BASTOS, N. L. M. ; LACERDA, J. S. Comparação de dois modelos de prognose de madeira de *Eucalyptus* para alto fuste e talhadia. **IPEF**, Piracicaba, v.41/42. p.27-35. 1989.

FARIA, J. M. R. **Comportamento de espécies florestais em diferentes sítios e adubações de plantios.** p.108. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

FIGUEIREDO, E. O. **Avaliação de povoamentos de teca (*Tectona grandis*.) na microrregião do Baixo Rio Acre.** p.301. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos de biometria florestal.** UFSM, Santa Maria, p.269, 1992.

GONÇALVES, J. L. M.; DEMATTÊ, J.L.I.; COUTO, H.T.Z. Relações entre a produtividade de sítios florestais de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* com as propriedades de alguns solos de textura arenosa e média no Estado de São Paulo. **IPEF**. Piracicaba, Nº.43/44 p.24-39, 1990.

GONZALEZ, A. M. F.; SMITH, D. M.; MALDONADO, H. R. Site index for *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in “La Sabana”, Oaxaca. **Commonwealth Forestry Review**. Mexico. v. 71. n. 1, p. 47-51, 1992.

HAIR, J. F. **Análise multivariada de dados.** Bookman. São Paulo, p. 597, 2005.

HOPE, J. M. **Relações entre dados analíticos do solo, análise foliar e dados do incremento de *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze.** p.90. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1980.

IBGE CIDADES, Disponível em: <[www. ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm)2009>. Acesso em: 15/08/2010.

ISOLAN, F. B. **Estudo da qualidade de sítio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barrett e Golfari no Cantão de Turrialba, Costa Rica.** p.83. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA, Turrialba, 1972.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis.** 4th edition. New Jersey, USA: Prentice Hall, p.816. 1998

YOSHITANI, M. **Avaliação biométrica e econômica de plantios de *Pinus taeda* L. em Santa Catarina.** p.103. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2009.

KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v.23. p.187-200, 1958.

KAYAHARA, G. J.; CARTER, R. E.; KLINKA, K. Site index of western hemlock (*Tsuga heterophylla*) in relation to soil nutrient and foliar chemical measurements. **Forest Ecology and Management**, v.74, p.161-169, 1995.

KRONKA, F. J. N.; BERTOLANI, F.; PONCE, R., H. **A cultura do *pinus* no Brasil.** São Paulo, Sociedade Brasileira de Silvicultura, p.156, 2005.

MACHADO, R. V.; BECEGATO, V. A.; NETO, S. L. R.; FIGUEIREDO, O. A. R. Variabilidade espacial de algumas propriedades físicas em três solos para duas profundidades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, p.44-52, v.5, n.1, 2006.

MAESTRI, R. **Estimativa de produção presente e futura de volume de madeira e peso de casca para povoamento de acácia-negra (*Acacia mearnsii*).** p.102. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1992.

MARCOLIN, M. **Polomorfismo e tamanho de amostra para construção de curvas de índice de sítio para *Pinus taeda* L., no segundo planalto Paranaense.** p.64. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1990.

McDILL, M. E.; AMATEIS, R. L. Measuring forest site quality using the parameters of a dimensionally compatible height growth function. **Forest Science**, v. 38, nº 2, p. 409-429, 1992.

MELLO, J. M. **Geoestatística aplicada ao inventário florestal**. p. 110. Tese (Doutorado em Recursos Florestais)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MENEGOL, O. **Índice de sitio e a relação entre altura dominante e teores nutricionais das acículas em povoamentos de *Pinus elliottii* var. *elliottii* no segundo planalto Paranaense**. p.74. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 1991.

ORTEGA, A.; MONTEIRO, G. Evaluación de la calidad de las estaciones forestales. Revision bibliografica. **Ecologia**, v.2, p. 155-184, 1988.

PETERSEN, G. W. Moisture characteristics of Pennsylvania soils: I Moisture retention as related to texture., **Soil Sci. Am. Proc**, Madison, v.32. p. 271-275, 1968.

RUFINO, T. M. C.; THIERSCH, C. R.; FERREIRA, S. O.; KANEGAE JUNIOR, H.; FAIS, D. Uso da geoestatística no estudo da relação entre variáveis dendrométricas de povoamentos de *Eucalyptus sp.* e atributos do solo. **Revista Ambiência**, Guarapuava, p. 83-93, v. 2, nº 1, 2006.

SANQUETTA, C. R.; WATZLAWICK, L. F.; CÔRTE, A. P. D.; FERNANDES, L. A. V.; SIQUEIRA, F. H. **Inventários Florestais: Planejamento e Execução**. PELD/CNPq, Curitiba, p. 313, 2009.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. R. P. **Introdução ao manejo florestal**. UFSM, Santa Maria, p. 566, 2008.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Curvas de índice de sitio para plantações de *Pinus taeda* nos estados de Paraná e Santa Catarina. **Revista Floresta**, Curitiba, p. 159-168, v. 8 nº 1-2, 1988a.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. Curvas de índice do sitio para *Pinus elliottii* no Estado de Paraná e Santa Catarina. **Revista Floresta**, Curitiba, p. 140 -158 v. 8 nº 1-2, 1988b.

SCOLFORO, J. S. R. Curvas de índice do sitio para *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **IPEF/Nº45**, Lavras M-G, p. 40-47, 1992.

SCOLFORO, J. S. R. **Mensuração florestal: Avaliação de produtividade florestal através da classificação do sitio**. ESAL/FAEPE, Lavras, p. 451, 1993.

SCOLFORO, J. S. R. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. UFLA/FAEPE, Lavras, p. 451, 1998.

SCHONAU, A. P. G. A. **Site evaluation study in black wattle (*Acacia mearnsii* de**

Wild). Universty von Stellenbosch, South África, P. 214, 1987

SCHIMIZU, J. Y. **Cultivo do *Pinus*, Sistema de Produção.** Colombo: Embrapa Florestas, 2005. Disponível em: <<http://www.sistemadeprodução.entia.embrapa.br/.../Pinus/cultivodopinus/index.htm>>.

STANSFIELD, W. F.; McTAGUE, J. P. ; LACAPA, R. Dominant height and site index equations for Douglas Fir and Engelmann Spruce in East.. **West. J. Appl. For**, Central Arizona, v. 7, n. 2, p. 40-44, 1992.

STOLE, L. **Simulação e espacialização da fragilidade ambiental em relação às atividades florestais.** p. 78. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Paraná, Curitiba, 2008.

VAN ECK , W. A.; WHITESIDE, E. P. Site evaluation studies in Red Pine plantations in Michigan, **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**, Madison, p. 709-714, v.27 nº6, 1963.

ZOBEL, B. J.; WYK, G. Van; STAHL, P. **Growing exotic forest.** John Willey & Sons. Inc, New York, p. 508, 1987.

ANEXOS

ANEXO 1 - CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO PARA CADA PARCELA.....	66
ANEXO 2 - RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA DE SOLOS E ALTURA DOMINANTE POR TALHÃO	73

ANEXO 1 - CLASSIFICAÇÃO DE SÍTIO PARA CADA PARCELA

Anexo 1 - Classificação de sítio de cada parcela e suas coordenadas

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	SP II_T27	732218	7873347	93	16	22	II	24,27
2010	SP II_T27	731840	7873441	94	16	21,6	II	23,83
2010	SP II_T26	732632	7874568	95	16	19,5	II	21,51
2010	SP II_T26	732483	7874485	96	16	20,3	II	22,40
2010	SP III_T28	729882	7877182	96	15	23	I	26,26
2010	SP II_T23	730289	7872137	97	16	23,5	I	25,93
2010	SP III_T28	729986	7877500	97	15	19,9	II	22,72
2010	SP II_T22	730294	7872330	98	16	23,8	I	26,26
2010	SP II_T25	731732	7874000	107	16	21,2	II	23,39
2010	SP III_T32	729926	7877479	98	15	19,9	II	22,72
2010	SP II_T23	730515	7872353	99	16	22,7	II	25,04
2010	SP III_T29	730184	7877779	99	15	20,6	II	23,52
2010	SP II_T22	730616	7872633	100	16	25,9	I	28,57
2010	SP III_T32	730078	7878228	100	15	20,6	II	23,52
2010	SP II_T21	730843	7872796	101	16	22,4	II	24,71
2010	SP III_T33	730078	7878228	101	15	20,9	II	23,86
2010	SP II_T21	731129	7873214	102	16	21	II	23,17
2010	SP III_T29	730288	7878482	102	15	20,6	II	23,52
2010	SP II_T24	731114	7873219	103	16	21,3	II	23,50
2010	SP III_T33	730328	7878906	103	15	23,9	I	27,29
2010	SP II_T24	731367	7873565	104	16	21	II	23,17
2010	SP III_T30	730328	7878906	104	15	18,8	II	21,46
2010	SP II_T20	731246	7873529	105	16	21	II	23,17
2010	SP III_T30	730350	7879163	105	15	18,8	II	21,46
2010	SP II_T20	731551	7874074	106	16	21,8	II	24,05
2010	SP III_T31	730455	7879473	106	15	20,9	II	23,86
2010	SP III_T31	730322	7879820	107	15	21,1	II	24,09
2010	SP II_T25	732000	7887370	108	16	22,7	II	25,04
2010	SP III_T36	730322	7879820	108	15	23,3	I	26,60
2010	SP II_T19	731930	7874471	109	16	20,1	II	22,18
2010	SP III_T36	730183	7879387	109	15	22,8	I	26,03
2010	SP II_T19	731551	7874699	110	16	18,8	II	20,74
2010	SP III_T34	729563	7877966	110	15	19,2	II	21,92
2010	SP II_T18	732412	787559	111	16	19,1	II	21,07
2010	SP III_T34	729706	7878345	111	15	19,2	II	21,92
2010	SP II_T18	732257	7875345	112	16	20	II	22,07
2010	SP III_T35	729784	7878602	112	15	19	II	21,69
2010	SP III_T35	729887	7878853	113	15	18,4	II	21,01
2010	BBI_To1	729748	7872626	170	13	21,4	I	26,60

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	BBI_T2	729682	7872688	171	13	20,7	I	25,73
2010	BBI_To1	729335	7872440	172	13	21,3	I	26,48
2010	BBI_T3	729276	7872513	173	13	19,6	II	24,37
2010	BBI_T4	728922	7872262	174	13	19,2	II	23,87
2010	BBI_T4	728633	7872148	175	13	19,5	II	24,24
2010	BBI_T5	728197	7871807	176	13	18,5	II	23,00
2010	BBI_T5	728052	7871711	177	13	18,5	II	23,00
2010	BBII_T11	728061	7871694	178	12	17,4	II	22,81
2010	BBII_T12	727816	7871821	179	12	18	II	23,60
2010	BBII_T11	727614	7871938	180	12	17	II	22,29
2010	SPI_To1	731971	7875885	180	21	23,1	II	22,70
2010	BBI_T10	728285	7873634	181	13	21,1	I	26,23
2010	SPI_To1	731971	7875885	181	21	21,4	II	21,03
2010	BBI_T6	728315	7873778	182	13	19,6	II	24,37
2010	SPI_T2	731699	7876056	182	21	22,7	II	22,31
2010	BBI_T6	728279	7873582	183	13	19,8	II	24,62
2010	SPI_T3	731702	7876058	183	21	20,3	III	19,95
2010	BBI_T10	728285	7873634	184	13	21,2	I	26,36
2010	SPI_T2	731424	7875835	184	21	23,1	II	22,70
2010	BBI_T9	728257	7873419	185	13	19,4	II	24,12
2010	SPI_T3	731417	7875838	185	21	21,3	II	20,93
2010	BBI_T7	728463	7873240	186	13	18,5	II	23,00
2010	SPI_T5	731007	7875534	186	21	22,9	II	22,50
2010	BBI_T9	728443	7873209	187	13	19,3	II	23,99
2010	SPI_T6	731012	7875528	187	21	24,6	II	24,17
2010	BBI_T7	728463	7873240	188	13	18,6	II	23,12
2010	SPI_T5	730787	7875358	188	21	22,7	II	22,31
2010	BBI_T8	728679	7872478	189	13	19	II	23,62
2010	SPI_T6	730775	7875337	189	21	25,8	I	25,35
2010	BBI_T8	728679	7872478	190	13	19	II	23,62
2010	SPI_T7	731202	7874999	190	21	22,7	II	22,31
2010	BBII_T12	728300	7871454	191	12	17,1	II	22,42
2010	SPI_T10	730911	7874735	191	21	23,9	II	23,49
2010	BBII_T19	725812	7873035	192	12	16,7	II	21,90
2010	SPI_T7	730823	7874612	192	21	23,3	II	22,90
2010	BBII_T18	725979	7873045	193	12	18,1	II	23,73
2010	SPI_T10	730709	7874494	193	21	24,9	II	24,47
2010	BBII_T18	726348	7873206	194	12	18,2	II	23,86
2010	SPI_T12	730802	7874323	194	21	21,5	II	21,13
2010	BBII_T19	726364	7873226	195	12	16,5	II	21,63
2010	SPI_T4	730783	7876021	195	21	23,1	II	22,70

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	BBII_T15	727036	7873178	196	12	19,8	I	25,96
2010	SPI_T4	730366	7875730	196	21	23,4	II	23,00
2010	BBII_T16	727162	7872972	197	12	21	I	27,53
2010	SPI_T9	730037	7874801	197	21	25,6	II	25,16
2010	BBII_T16	726977	7872729	198	12	20,3	I	26,61
2010	SPI_T8	729889	7874912	198	21	22,7	II	22,31
2010	BBII_T14	726700	7872743	199	12	18,9	II	24,78
2010	SPI_T8	729774	7874736	199	21	22,6	II	22,21
2010	BBII_T14	726623	7872332	200	12	18,8	II	24,65
2010	BBII_T13	726746	7871736	201	12	17,5	II	22,94
2010	SPI_T14	729774	7874736	201	21	21,2	II	20,83
2010	BBII_T13	726976	7871386	202	12	17,9	II	23,47
2010	SPI_T13	729251	7874364	202	21	23,8	II	23,39
2010	BBII_T21	726774	7874237	203	12	17,8	II	23,34
2010	SPI_T14	728941	7874099	203	21	20,6	III	20,24
2010	BBII_T21	726774	7874237	204	12	17,7	II	23,21
2010	SPI_T13	728933	7874097	204	21	22,5	II	22,11
2010	BBII_T20	726712	7874044	205	12	17,8	II	23,34
2010	SPI_T15	729238	7873638	205	21	20,9	III	20,54
2010	BBII_T20	726712	7874044	206	12	18	II	23,60
2010	SPI_T17	729871	7873420	206	21	22,5	II	22,11
2010	BBII_T15	726471	7872932	207	12	19,3	I	25,30
2010	SPI_T16	729904	7873374	207	21	24,8	II	24,37
2010	BBII_T17	727141	7873138	208	12	20,8	I	27,27
2010	SPI_T11	730272	7873803	209	21	23	II	22,60
2010	SPI_T11	730479	7873728	210	21	24,8	II	24,37
2010	SPI_T16	730368	7873588	211	21	24,6	II	24,17
2010	SPI_T17	730132	7873679	212	21	22,5	II	22,11
2010	JM I_To1	729000	7859805	273	12	17,3	II	22,68
2010	JM I_T10	727807	7859093	253	12	17,4	II	22,81
2010	JM II_T11	727797	7859273	254	11	16,7	II	23,30
2010	JM II_T11	727837	7859388	255	11	16,6	II	23,16
2010	JM I_T10	727872	7859456	256	12	16,9	II	22,16
2010	JM I_T9	727916	7859862	257	12	19,1	II	25,04
2010	JM II_T12	727895	7859893	258	11	17,9	II	24,97
2010	JM I_T9	727887	7860075	259	12	19,3	II	25,30
2010	JM II_T12	727871	7860070	260	11	19	I	26,51
2010	JM I_T8	727875	7860856	261	12	19,9	I	26,09
2010	JM I_T13	727829	7860495	262	12	19,3	II	25,30
2010	JM I_T8	727875	7860856	263	12	19	II	24,91
2010	JM I_T13	727899	7860885	264	12	19,5	I	25,57

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	JM I_T7	727900	7861040	265	12	17,9	II	23,47
2010	JM I_T14	727909	7861033	266	12	17,7	II	23,21
2010	JM I_T14	727956	7861438	267	12	18,3	II	23,99
2010	JM I_T7	728000	7861316	268	12	18,1	II	23,73
2010	JM I_T6	728414	7861310	269	12	19,5	I	25,57
2010	JM I_T6	728526	7860842	270	12	19,1	II	25,04
2010	JM I_T5	728731	7859538	271	12	17,7	II	23,21
2010	JM I_T4	728869	7859790	272	12	17,7	II	23,21
2010	JM I_To1	728988	7859937	274	12	17,3	II	22,68
2010	JM I_T4	729200	7860301	275	12	17,6	II	23,08
2010	JM I_T2	729430	7860461	276	12	17,9	II	23,47
2010	JM I_T2	729532	7860641	277	12	17,9	II	23,47
2010	JM II_T15	727199	7859664	278	11	16,7	II	23,30
2010	JM I_T3	728676	7860620	279	12	18,5	II	24,25
2010	JM I_T3	728877	7860635	280	12	18,1	II	23,73
2010	JM II_T28	725935	7861908	281	11	17,6	II	24,56
2010	JM II_T23	725955	7861806	282	11	16,2	II	22,60
2010	JM II_T28	726017	7861631	283	11	16,8	II	23,44
2010	JM II_T27	726000	7861406	284	11	17	II	23,72
2010	JM II_T22	726098	7861444	285	11	16,9	II	23,58
2010	JM II_T22	726165	7861226	286	11	17,2	II	24,00
2010	JM II_T27	726060	7861173	287	11	16,8	II	23,44
2010	JM II_T21	726171	7860971	288	11	17,3	II	24,14
2010	JM II_T26	726105	7860909	289	11	17,1	II	23,86
2010	JM II_T20	726296	7860474	290	11	18,2	I	25,39
2010	JM II_T25	726310	7860447	291	11	18,1	II	25,25
2010	JM II_T20	726367	7860191	292	11	17,8	II	24,83
2010	JM II_T19	726445	7859849	293	11	17,5	II	24,42
2010	JM II_T24	726503	7859612	294	11	18	II	25,11
2010	JM II_T18	726561	7859373	295	11	18,2	I	25,39
2010	JM II_T18	726744	7859127	296	11	17,7	II	24,69
2010	JM II_T30	725752	7860556	297	11	16,8	II	23,44
2010	JM II_T29	725797	7860406	298	11	15,8	II	22,04
2010	JM II_T30	725474	7860474	299	11	16,3	II	22,74
2010	JM II_T29	725504	7860338	300	11	15,5	II	21,63
2010	JM II_T31	725135	7860308	301	11	17,1	II	23,86
2010	JM II_T32	725135	7860444	302	11	17,6	II	24,56
2010	JM II_T31	724909	7860435	303	11	17,1	II	23,86
2010	JM II_T34	724762	7860361	304	11	17,4	II	24,28
2010	JM II_T35	724777	7860624	305	11	16,7	II	23,30
2010	JM II_T32	724812	7861000	306	11	17	II	23,72

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	JM II_T35	724692	7861000	307	11	16,7	II	23,30
2010	JM II_T36	724647	7861504	308	11	17,4	II	24,28
2010	JM II_T33	724759	7861506	309	11	16,9	II	23,58
2010	JM II_T33	724697	7861492	310	11	16,9	II	23,58
2010	JM II_T17	726614	7861774	311	11	16,6	II	23,16
2010	JM II_T17	726644	7861476	312	11	17,1	II	23,86
2010	VGII_T29	745829	7884115	312	14	20,7	II	24,58
2010	JM II_T18	726842	7860549	313	11	18	II	25,11
2010	VGII_T30	745837	7884118	313	14	20,7	II	24,58
2010	JM II_T16	726700	7860850	314	11	18,1	II	25,25
2010	VGII_T30	745519	7883986	314	14	20,3	II	24,11
2010	JM II_T37	724182	7860587	315	11	17,1	II	23,86
2010	VGII_T28	744948	7883720	315	14	17,6	II	20,90
2010	JM II_T38	723935	7860549	316	11	17,7	II	24,69
2010	VGII_T31	745245	7883844	316	14	19,8	II	23,52
2010	JM II_T39	724226	7861074	317	11	15,7	II	21,90
2010	VGII_T31	745242	7883870	317	14	18,7	II	22,21
2010	VGII_T27	744630	7883567	319	14	19,4	II	23,04
2010	VGII_T32	744643	7883580	320	14	18,9	II	22,45
2010	VGII_T32	744258	7883377	321	14	19,2	II	22,80
2010	VGII_T27	744195	7883408	322	14	19,2	II	22,80
2010	VGII_T26	744094	7883156	323	14	19,4	II	23,04
2010	VGII_T33	743405	7883047	324	14	22,6	I	26,84
2010	VGII_T26	743419	7882894	325	14	19,2	II	22,80
2010	VGII_T25	743110	7882895	326	14	20	II	23,75
2010	VGII_T33	743405	7883047	327	14	23,9	I	28,38
2010	VGII_T25	743110	7882895	328	14	21	II	24,94
2010	VGII_T16	745792	7882839	329	14	19,2	II	22,80
2010	VGII_T21	745909	7882904	330	14	19,8	II	23,52
2010	VGII_T17	746090	7882973	332	14	19,7	II	23,40
2010	VGII_T20	746145	7883001	333	14	19,3	II	22,92
2010	VGII_T17	746090	7882973	334	14	19,9	II	23,63
2010	VGII_T20	746145	7883001	335	14	20,5	II	24,35
2010	VGII_T18	747068	7883254	336	14	21,7	I	25,77
2010	VGII_T18	747068	7883254	337	14	21,6	I	25,65
2010	VGII_T19	745748	7882465	338	14	20,9	II	24,82
2010	VGII_T19	745601	7882340	339	14	21,9	I	26,01
2010	VGII_T24	745121	7881843	340	14	19,6	II	23,28
2010	VGII_T13	745219	7881806	341	14	19,1	II	22,68
2010	VGII_T13	745294	7881900	342	14	19,4	II	23,04
2010	VGII_T23	745492	7882234	343	14	19,3	II	22,92

Ano	Talhão	Coord X (m)	Coord Y (m)	Número da Parcela	Idade (anos)	Hdom (m)	Classe de sítio	Índice de sítio (m)
2010	VGII_T14	745339	7882077	344	14	19,4	II	23,04
2010	VGII_T14	745492	7882234	345	14	19,3	II	22,92
2010	VGII_T23	745492	7882234	346	14	19,4	II	23,04
2010	VGII_T15	745601	7882340	347	14	21,1	II	25,06
2010	VGII_T22	745748	7882465	348	14	20,2	II	23,99
2010	VGII_T15	745601	7882340	349	14	21,2	II	25,18
2010	VGII_T22	745748	7882465	350	14	20,3	II	24,11
2010	VGII_T8	747586	7882329	351	14	22	I	26,13
2010	VGII_T9	747516	7882256	352	14	21,7	I	25,77
2010	VGII_T9	747395	7882077	353	14	21,5	I	25,53
2010	VGI_T6	747388	7882026	354	15	21,2	II	24,20
2010	VGII_T10	747292	7881969	355	14	21,7	I	25,77
2010	VGII_T10	747229	7881870	356	14	21,4	I	25,42
2010	VGI_T6	747197	7881828	357	15	21,6	II	24,66
2010	VGI_T2	748275	7881514	358	15	21,4	II	24,43
2010	VGI_T5	748460	7881506	359	15	23	I	26,26
2010	VGI_T3	748615	7881453	360	15	20,6	II	23,52
2010	VGII_T12	745567	7881238	362	14	18,8	II	22,33
2010	VGII_T12	745688	7881137	363	14	18,5	II	21,97
2010	VGII_T11	746120	7881420	364	14	19,7	II	23,40
2010	VGII_T11	745872	7881510	365	14	19,4	II	23,04
2010	VGI_T4	748988	7881928	367	15	23	I	26,26
2010	VGI_T4	749447	7882265	368	15	23,3	I	26,60
2010	VGI_To1	749121	7880248	369	15	21,6	II	24,66
2010	VGIII_T39	750066	7880407	370	13	19,9	II	24,74
2010	VGI_To1	749835	7880353	371	15	22,2	I	25,35
2010	VGIII_T39	750066	7880407	372	13	20,3	II	25,24
2010	VGII_T37	744258	7883377	373	14	22,2	I	26,37
2010	VGII_T37	750501	7880495	374	14	22,5	I	26,72
2010	VGII_T38	749957	7879587	375	14	22,7	I	26,96
2010	VGII_T38	749294	7879300	376	14	22	I	26,13
2010	VGII_T38	743672	7884178	377	14	20,6	II	24,47
2010	VGIII_T34	743884	7883925	378	13	16,3	II	20,26
2010	VGIII_T34	743679	7884046	379	13	16,5	II	20,51
2010	VGIII_T36	743412	7884110	380	13	16,3	II	20,26
2010	VGIII_T35	743683	7884045	381	13	16,3	II	20,26
2010	VGIII_T40	748753	7881038	382	13	17,8	II	22,13

ANEXO 2 - RESULTADOS DE ANÁLISE QUÍMICA DE SOLOS E ALTURA
DOMINANTE POR TALHÃO

Anexo 2- Dados de análises laboratoriais de amostras de solos e altura dominante em cada talhão

Talhão	Hdom	pH	Índice SMP	Al ³⁺ (cmol/g)	H+Al (cmol/g)	Ca ²⁺ (cmol/g)	Mg ²⁺ (cmol/g)	K ⁺ (cmol/g)	Soma de bases (cmol/g)	CTC efetiva (cmol/g)	CTC a pH 7,0 (cmol/g)	Argila (g/kg)	P (Mehlich-1) (mg/dm3)	Carb. Orgânico (g/dm3)	Saturação por bases (%)	Saturação por Al (%)	Relação Ca/Mg
BB01	21,35	4	6,2	1	4,3	0,2	0,2	0,03	0,43	1,43	4,73	125	1,9	8,8	9	70	1
BB02	20,7	3,9	5,8	1,5	5,8	0,3	0,3	0,03	0,63	2,13	6,43	150	2,5	8,8	10	70	1
BB03	19,6	4	6,3	1	4	0,2	0,2	0,03	0,43	1,43	4,43	125	2,1	8,8	10	70	1
BB05	18,5	4	6,2	1,1	4,3	0,2	0,2	0,04	0,44	1,54	4,74	100	2,8	9,4	9	71	1
BB06	19,7	4	6,2	0,85	4,3	0,25	0,2	0,03	0,48	1,33	4,78	125	2,4	8,8	10	65	1,15
BB08	19	4,1	6,45	0,7	3,6	0,15	0,15	0,02	0,32	1,02	3,92	87,5	1,8	6	8	68,5	1,25
BB09	19,35	4	6,35	0,95	3,85	0,15	0,15	0,03	0,33	1,28	4,18	137,5	2,1	6,35	8	75	1
BB10	21,15	4	6,1	1,2	4,6	0,2	0,3	0,03	0,53	1,73	5,13	150	2,3	8,1	10	69	0,7
BB11	17,2	4	6,2	1	4,3	0,2	0,2	0,03	0,43	1,43	4,73	100	2,4	6,9	9	70	1
BB12	17,55	4,03	6,17	1,07	4,47	0,3	0,17	0,04	0,51	1,57	4,97	116,67	2,27	7,1	11	67,67	1,9
BB13	17,7	4,03	6,17	1,07	4,4	0,37	0,27	0,04	0,68	1,74	5,08	133,33	2,23	7,73	13,33	61,33	1,37
BB14	18,85	4,1	6,3	0,9	4	0,1	0,1	0,03	0,23	1,13	4,23	100	2,2	7,5	5	80	1
BB15	19,55	4,05	6	0,95	5	0,4	0,25	0,08	0,73	1,68	5,73	100	2,85	8,75	12,5	56,5	1,65
BB16	20,65	5	6,7	0	3	1,2	1	0,02	2,22	2,22	5,22	100	2	7,5	43	0	1,2
BB17	20,8	4,1	5,9	0,8	5,4	0,2	0,2	0,02	0,42	1,22	5,82	100	3,2	8,8	7	66	1
BB18	18,15	4,1	6,3	0,9	4	0,4	0,2	0,05	0,65	1,55	4,65	100	2,4	5,7	14	58	2
BB19	16,6	4,1	6,2	0,8	4,3	0,35	0,2	0,04	0,59	1,39	4,89	125	2,2	7,5	12	58,5	2,15
BB20	17,9	4,1	6	1	5	0,2	0,2	0,02	0,42	1,42	5,42	125	1,9	8,8	8	70	1
BB21	17,8	4,05	6,18	0,93	4,38	0,18	0,15	0,03	0,36	1,28	4,73	106,25	2,23	7,2	7,75	73,25	1,13
JM01	17,3	4	5,5	1,7	7,2	0,3	0,2	0,06	0,56	2,26	7,76	175	2,8	10,6	7	75	1,5
JM02	17,9	4,2	5,9	0,9	5,4	0,4	0,2	0,06	0,66	1,56	6,06	200	2,3	13,6	11	58	2
JM03	18,3	4,05	6	0,95	5	0,25	0,2	0,04	0,49	1,44	5,49	200	1,6	11,2	9	66	1,25
JM04	17,65	4,1	5,95	1,15	5,2	0,3	0,25	0,06	0,61	1,76	5,81	212,5	2,1	11,5	10,5	65,5	1,15
JM05	17,7	4	5,8	1,7	5,8	0,1	0,2	0,06	0,36	2,06	6,16	175	2,1	8,8	6	83	0,5
JM06	19,3	4,2	6	0,9	5	0,4	0,3	0,05	0,75	1,65	5,75	175	1,9	11,2	13	55	1,3
JM07	18	4,1	6	1,1	5	0,4	0,2	0,03	0,63	1,73	5,63	200	1,2	8,8	11	64	2
JM08	19,45	4,1	5,9	1,3	5,4	0,4	0,2	0,06	0,66	1,96	6,06	200	1,9	13,6	11	66	2

Talhão	Hdom	pH	Índice SMP	Al ³⁺ (cmol/g)	H+Al (cmol/g)	Ca ²⁺ (cmol/g)	Mg ²⁺ (cmol/g)	K ⁺ (cmol/g)	Soma de bases (cmol/g)	CTC efetiva (cmol/g)	CTC a pH 7,0 (cmol/g)	Argila (g/kg)	P (Mehlich-1) (mg/dm3)	Carb. Orgânico (g/dm3)	Saturação por bases (%)	Saturação por Al (%)	Relação Ca/Mg
JM10	17,15	4,3	6,1	0,6	4,6	0,9	0,7	0,06	1,66	2,26	6,26	200	2,3	12,4	27	27	1,3
JM11	16,65	4	5,8	1,3	5,8	0,3	0,2	0,05	0,55	1,85	6,35	150	2,8	11,8	9	70	1,5
JM12	18,45	4,15	5,75	1,35	6,1	0,6	0,5	0,09	1,19	2,54	7,29	200	2	9,7	17	50	1,25
JM13	19,4	4,3	6	0,8	5	0,5	0,4	0,05	0,95	1,75	5,95	200	1	11,8	16	46	1,3
JM14	18	4,2	6,1	0,8	4,6	0,3	0,2	0,06	0,56	1,36	5,16	200	1,4	11,8	11	59	1,5
JM16	18,1	4	5,7	1	6,2	0,2	0,3	0,05	0,55	1,55	6,75	200	1,5	11,2	8	65	0,7
JM17	16,85	4,15	6	1,15	5	0,3	0,2	0,03	0,53	1,68	5,53	200	1,35	11,2	9,5	68	1,5
JM18	17,96	4,07	5,73	1,73	6,1	0,3	0,23	0,06	0,6	2,33	6,7	200	1,73	10,8	9	73,67	1,33
JM25	18,1	3,9	5,9	1,4	5,4	0,1	0,2	0,03	0,33	1,73	5,73	250	1,6	8,8	6	81	0,5
JM26	17,1	4,1	6,1	1,2	4,65	0,15	0,2	0,06	0,41	1,61	5,06	200	1,45	8,75	8	75	0,75
JM28	17,2	4,1	5,8	1,1	5,8	0,4	0,2	0,03	0,63	1,73	6,43	150	0,8	12,4	10	64	2
JM29	15,65	4,2	6,2	1	4,3	0,4	0,3	0,07	0,77	1,77	5,07	200	0,6	9,4	15	56	1,3
JM30	16,55	4,2	5,4	1,3	7,8	0,4	0,2	0,05	0,65	1,95	8,45	200	1	8,8	8	67	2
JM31	17,1	4,15	6,1	1,15	4,6	0,4	0,25	0,04	0,69	1,84	5,29	225	1,05	8,8	13	62,5	1,65
JM33	16,9	4,2	6,05	1	4,8	0,4	0,3	0,04	0,74	1,74	5,54	212,5	0,9	10,6	13,5	57,5	1,35
JM36	17,4	4,2	6,1	0,95	4,65	0,25	0,15	0,04	0,44	1,39	5,09	225	0,9	9,7	8,5	67	1,75
JM37	17,1	4,2	5,9	1	5,4	0,5	0,3	0,03	0,83	1,83	6,23	300	0,6	10	13	55	1,7
JM39	15,7	4,2	6	1,3	5	0,7	0,4	0,03	1,13	2,43	6,13	300	0,6	9,4	18	53	1,8
SP01	22,25	3,97	6,17	0,9	4,43	0,27	0,17	0,03	0,46	1,36	4,9	183,33	1,9	8,77	10	66,33	1,83
SP02	22,9	4	6,1	1	4,6	0,2	0,3	0,02	0,52	1,52	5,12	175	2,5	7,5	10	66	0,7
SP03	20,8	4	6,1	1	4,6	0,3	0,1	0,03	0,43	1,43	5,03	175	2,1	9,4	9	70	3
SP05	22,8	3,95	6,5	1,05	4,8	0,35	0,15	0,04	0,54	1,59	5,34	175	2,6	11,15	10	66	2,5
SP06	25,2	4	6	1,1	5	0,3	0,3	0,03	0,63	1,73	5,63	150	4,9	10	11	64	1
SP07	23	4,05	6,1	1,05	4,6	0,2	0,17	0,04	0,39	1,46	4,99	150	1,55	7,55	8	73	1,5
SP08	22,65	4	6,1	1	4,65	0,3	0,4	0,05	0,75	1,75	5,4	125	2,55	9,4	14	57,5	0,75
SP10	24,4	4,3	6,2	0,7	4,3	0,4	0,3	0,04	0,74	1,44	5,04	125	1,2	6,3	15	49	1,3
SP12	21,5	4,1	6	1,1	5	0,2	0,2	0,03	0,43	1,53	5,43	175	1,5	6,3	8	72	1
SP14	20,9	4,05	6,1	0,9	4,6	0,3	0,25	0,04	0,59	1,49	5,19	200	1,8	9,7	11	60,5	1,35
SP15	20,9	4,1	6,2	1,1	4,3	0,5	0,3	0,04	0,84	1,94	5,14	150	1,6	7,5	16	57	1,7

Talhão	Hdom	pH	Índice SMP	Al ³⁺ (cmol/g)	H+Al (cmol/g)	Ca ²⁺ (cmol/g)	Mg ²⁺ (cmol/g)	K ⁺ (cmol/g)	Soma de bases (cmol/g)	CTC efetiva (cmol/g)	CTC a pH 7,0 (cmol/g)	Argila (g/kg)	P (Mehlich-1) (mg/dm3)	Carb. Orgânico (g/dm3)	Saturação por bases (%)	Saturação por Al (%)	Relação Ca/Mg
SP16	24,7	3,97	5,97	1,23	5,13	0,27	0,17	0,03	0,47	1,7	5,6	200	1,87	10	8,33	72,33	1,83
SP17	22,5	4	6,1	1	4,6	0,3	0,1	0,03	0,43	1,43	5,03	200	2,1	8,8	9	70	3
SP19	19,45	4,05	5,9	1,3	5,4	0,15	0,1	0,03	0,28	1,58	5,68	200	1,75	6,95	5	82,5	1,5
SP19R	19,45	4,1	6	1	5	0,17	0,13	0,04	0,34	1,34	5,34	158,33	1,7	6,93	6,67	74	1,33
SP20	21,4	4,6	6,5	0,4	3,4	0,8	0,6	0,02	1,42	1,82	4,82	150	1,9	5,1	29	22	1,3
SP21	21,6	4,03	5,87	1,3	5,53	0,33	0,17	0,05	0,55	1,85	6,09	200	1,93	9,37	9,33	70,33	2,17
SP22	24,85	4	6,1	1	4,6	0,2	0,2	0,04	0,44	1,44	5,04	150	2,1	10	9	69	1
SP23	23,1	4	6	1	5	0,2	0,1	0,04	0,34	1,34	5,34	125	1,9	10,6	6	75	2
SP24	21,15	4,2	6,2	0,8	4,3	0,2	0,1	0,04	0,34	1,14	4,64	150	1	5,7	7	70	2
SP27	21,8	4,2	6	0,7	5	0,4	0,4	0,12	0,92	1,62	5,92	200	1,5	6,3	16	43	1
SP25R	21,95	4,1	6,1	0,9	4,6	0,2	0,2	0,04	0,44	1,34	5,04	200	1,3	4,5	9	67	1
SP28	21,45	4,1	6,3	0,93	4	0,3	0,23	0,04	0,57	1,51	4,57	183,33	1,33	9,37	12,67	61,67	1,83
SP29	20,6	4,18	6,33	0,77	4,15	0,28	0,22	0,05	0,55	1,31	4,7	191,67	1,28	9,78	11,33	55,83	1,75
SP30	18,8	4,03	6,23	0,9	4,2	0,13	0,33	0,06	0,52	1,42	4,72	200	1,1	10	11	63,67	0,37
SP31	21	4,18	6,16	0,76	4,44	0,5	0,32	0,1	0,92	1,68	5,36	240	1,38	12,52	15,8	50,8	1,3
SP32	20,25	4	6,07	1,37	4,77	0,27	0,3	0,05	0,61	1,98	5,38	200	1,67	12	11,67	66,67	0,9
SP33	22,4	4	6,03	0,9	5	0,17	0,23	0,05	0,45	1,35	5,45	191,67	2,5	9,77	9	66,67	0,77
SP34	19,2	3,98	5,9	1,55	5,45	0,25	0,4	0,06	0,71	2,26	6,16	218,75	1,85	11,35	11	69,5	0,73
SP35	18,7	3,75	6,2	1,25	4,35	0,25	0,15	0,02	0,42	1,67	4,77	200	2,4	11,2	9	75	2
SP36	23,05	3,75	6,15	1,05	4,45	0,15	0,4	0,04	0,59	1,64	5,04	225	1,6	11,8	11,5	63	0,45
VG01	21,9	4,08	6,1	0,6	4,63	0,5	0,5	0,04	1,04	1,64	5,66	231,25	2,78	10,45	18,25	37,75	0,95
VG02	21,4	4,7	6,6	0,2	3,2	1,4	1,3	0,03	2,73	2,93	5,93	225	4,6	8,8	46	7	1,1
VG03	20,6	4,1	6,1	0,6	4,6	0,4	0,3	0,03	0,73	1,33	5,33	200	2,1	8,1	14	45	1,3
VG04	23,15	4,1	6	0,65	5	0,2	0,25	0,03	0,48	1,13	5,48	225	1,95	11,5	9	57,5	0,85
VG08	22	4,2	6,2	0,8	4,3	0,2	0,2	0,1	0,5	1,3	4,8	150	0,6	11,8	10	63	1
VG06	21,4	4,4	6,2	0,5	4,3	0,7	0,5	0	1,2	1,7	5,5	150	1,2	12,4	22	29	1,4
VG09	21,6	4,6	6,1	0,3	4,6	0,8	0,7	0	1,5	1,8	6,1	150	1,5	13,6	25	16	1,1
VG10	21,6	4,3	6,1	0,6	4,6	0,5	0,4	0	0,9	1,5	5,5	200	2	11,8	17	39	1,3
VG11	19,6	4,1	5,3	1,2	8,6	0,1	0,1	0	0,2	1,4	8,8	237,5	1,8	13,6	3	82,5	1

Talhão	Hdom	pH	Índice SMP	Al ³⁺ (cmol/g)	H+Al (cmol/g)	Ca ²⁺ (cmol/g)	Mg ²⁺ (cmol/g)	K ⁺ (cmol/g)	Soma de bases (cmol/g)	CTC efetiva (cmol/g)	CTC a pH 7,0 (cmol/g)	Argila (g/kg)	P (Mehlich-1) (mg/dm3)	Carb. Orgânico (g/dm3)	Saturação por bases (%)	Saturação por Al (%)	Relação Ca/Mg
VG12	18,7	4,1	5,9	1,1	5,4	0,2	0,2	0,1	0,5	1,6	5,9	150	1,9	12,4	8	71	1
VG14	19,4	4	5,8	1,4	5,8	0,1	0,1	0,1	0,3	1,7	6,1	200	2,3	14,8	4	85	1
VG13	19,3	4	5,8	1,4	5,8	0,1	0,1	0,1	0,3	1,7	6,1	175	2,3	12,4	4	85	1
VG15	21,2	4,1	5,9	1,3	5,4	0,2	0,1	0	0,3	1,6	5,7	175	2,1	13,6	6	79	2
VG19	21,4	4,2	6,1	0,8	4,6	0,3	0,2	0	0,5	1,3	5,1	200	1,9	12,4	11	60	1,5
VG18	21,7	4,3	6	0,6	5	0,5	0,4	0,1	1	1,6	6	175	5,8	14,2	16	38	1,3
VG20	19,9	4,1	5,9	1,1	5,6	0,1	0,2	0	0,3	1,4	5,9	150	2,2	13	5,5	75,5	0,5
VG23	19,4	4,2	5,9	0,8	5,4	0,3	0,2	0	0,5	1,3	5,9	175	1,3	12,4	9	60	1,5
VG25	20,5	4,2	5,9	0,7	5,4	0,2	0,2	0,1	0,5	1,2	5,9	150	1,5	14,8	8	60	1
VG21	19,8	4,1	5,8	1,1	5,8	0,1	0,2	0	0,3	1,4	6,1	250	1,5	13,6	6	76	0,5
VG24	19,6	4,1	5,8	1,2	5,8	0,1	0,2	0	0,3	1,5	6,1	175	2,3	13,3	6	78	0,5
VG26	19,3	4,2	6	0,9	5,2	0,1	0,2	0	0,3	1,2	5,5	150	1,3	12,7	5,5	76	0,8
VG27	19,3	4,1	5,9	1,2	5,6	0,1	0,1	0	0,2	1,4	5,8	187,5	1,7	14,2	4	82	1
VG30	20,5	4,2	6	0,8	5,2	0,1	0,2	0	0,3	1,1	5,5	150	1,5	13	6	70,5	0,5
VG33	23,3	4,1	5,8	1,3	5,8	0,1	0,1	0	0,2	1,5	6	200	1,5	13	4	85	1
VG32	19,1	4	5,8	1,2	5,7	0,1	0,1	0	0,3	1,4	5,9	150	2	11,8	4,7	81	0,8
VG34	16,4	4,1	5,9	1,1	5,5	0,2	0,2	0	0,5	1,5	6	225	2	11,4	7,7	69,7	1,2
VG35	16,3	4,1	5,9	1,2	5,6	0,2	0,2	0	0,4	1,6	6	200	2,4	12,4	7,5	72,5	1
VG36	16,3	4,1	5,9	1,1	5,4	0,2	0,2	0	0,4	1,4	5,8	200	2,3	11,2	6,5	73,5	0,8
VG37	16,3	4,1	5,9	1,1	5,5	0,2	0,2	0	0,4	1,5	5,9	208,3	2,2	11,7	7,2	71,9	1
VG38	21,8	4,4	6,2	0,6	4,5	1	0,8	0,1	1,8	2,4	6,3	212,5	2,9	12,1	26	40	0,9
VG39	20,1	4,7	6,2	0,2	4,3	2,1	1,6	0,2	3,9	4,1	8,2	250	2,5	13,6	47	5	1,3
VG40	17,8	4,1	6,2	0,5	4,3	0,4	0,3	0	0,7	1,2	5	250	3,2	10	15	41	1,3